This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES

REVUE
DU GÉNIE
MILITAIRE.

NANCY, IMPR. BERGER-LEVRAULT ET Cie

REVUE
DU GÉNIE
MILITAIRE

Paraissant tous les deux mois

CINQUIÈME ANNÉE

(Janvier — Décembre 1891)

BIBLIOTHÈQUE

BERGER-LEVRAULT & Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

PARIS
RUE DES BEAUX-ARTS, 5

NANCY
RUE DES GLACIS, 18

1891

STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES

NOV 17 1970

RAPPORT

DE LA COMMISSION CHARGÉE DE RECHERCHER ET D'ÉTUDIER

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

LES OBJETS, PRODUITS, APPAREILS ET PROCÉDÉS

POUVANT INTÉRESSER L'ARMÉE

SOUS-COMMISSION DU GÉNIE

(Suite et fin [1].)

IV. CONSTRUCTIONS MILITAIRES.

PROCÉDÉS ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Considérations générales.

L'Exposition universelle offrait de nombreux sujets d'étude aux ingénieurs et aux architectes, aussi bien dans l'ensemble de ses constructions que dans le détail des produits ou procédés présentés par les exposants.

Il n'entre pas dans notre programme de décrire et d'étudier les remarquables monuments dans lesquels la science et l'art se sont si heureusement alliés pour produire des résultats absolument nouveaux et imprévus. Des revues spéciales, telles que : la *Semaine des constructeurs*, le *Génie civil*, les *Annales de la construction*, dont les travaux et les recherches concourent si puissamment à

1. Voir *Revue du génie*, nov.-déc. 1890, p. 425.

étendre le cercle de la science des constructions, ont donné de minutieuses monographies des principaux édifices ; on trouve dans ces études les renseignements les plus complets sur le but à remplir, les difficultés vaincues, les procédés employés. Quiconque s'occupe de construction a certainement suivi avec intérêt la marche des travaux; car, bien que de semblables bâtiments ne soient pas de construction courante, combien ne présentaient-ils pas dans leurs détails de circonstances intéressantes, instructives et utiles à connaître !

S'il est un art qui a fait en ce siècle de grands et rapides progrès, c'est bien celui de la construction. En même temps qu'on recherchait un meilleur emploi des matériaux naturels, un grand nombre de procédés artificiels venaient s'y ajouter et leur emploi simultané permettait, par un arrangement habile et artistique, d'obtenir des effets du plus grand goût. L'étude mathématique des conditions de stabilité assurait dans tous les cas la plus grande somme possible de solidité à toutes les parties de l'édifice compatible avec une rigoureuse économie dans les dépenses. Des procédés nouveaux, des machines puissantes, ont aidé à vaincre les plus grandes difficultés, que celles-ci proviennent de la nature du sol ou de la forme, des dimensions, du poids des matériaux à mettre en œuvre, et l'on a le droit d'être surpris de voir la rapidité avec laquelle s'élèvent aujourd'hui les plus importantes constructions. Enfin, à la pierre et au bois est venu s'ajouter, on pourrait presque dire se substituer, le fer, dont l'emploi, sous les formes les plus variées, avec des dimensions quelquefois considérables, a été d'une si grande utilité dans les travaux les plus hardis et a permis dans des travaux plus simples d'obtenir une durée et une solidité à toute épreuve avec une grande légèreté d'allures. On peut dire que l'Exposition universelle était [illegible] ensemble le résumé exact de l'état actuel de l'art [illegible] nous. D'ailleurs, il nous a été assez difficile

de découvrir du nouveau parmi les très nombreuses expositions particulières, et l'on peut en réalité dire de l'Exposition, au point de vue spécial de la construction, que c'est le contenant plutôt que le contenu qui est instructif.

Nous abandonnons donc à regret ces belles constructions pour entrer dans notre rôle, plus modeste, qui est de parcourir l'Exposition pour y rechercher quelques-uns des produits les plus dignes d'attention ; cependant nous ne pouvons auparavant omettre de signaler au moins les magnifiques collections d'études concernant quelques travaux exécutés ou en projet.

A ce point de vue, le Ministère des travaux publics occupait une belle place avec les spécimens, notices, plans et documents qu'il exposait au sujet des plus remarquables travaux de routes, de ponts, de navigation, de protection ou amélioration des côtes et ports de mer. Il était impossible aussi de passer sans remarquer et quelquefois admirer les nombreux plans et dessins de grands travaux exécutés ou à l'étude, tels que le canal de Suez, de Panama, le métropolitain de Paris, le pont sur la Manche, et plusieurs autres, aussi grands par l'étude complète des détails que par la conception. Aussi bien, que de types intéressants ne trouvait-on pas dans les expositions des grandes maisons de construction en fer ou en bois ! Nous ne saurions les énumérer toutes, mais nous citerons du moins quelques-unes d'entre elles dont les belles études montraient quelles ressources l'ingénieur peut puiser dans l'industrie pour l'exécution des plus difficiles travaux.

Les maisons suivantes présentaient particulièrement des modèles et dessins de constructions métalliques : Baudet, Donon et Cie, Joret, établissemens Cail, Ateliers de construction de Creil, Compagnie générale de travaux publics [1], Eiffel, Milinaire, O. André (Neuilly-sur-

1. Rue de Provence, 56, à Paris.

Seine), Société des ponts et travaux en fer, forges et ateliers de Saint-Denis, Duclos et Cie à Paris, etc., etc.

Enfin, il y avait un réel intérêt à parcourir la nombreuse collection de types, plans, projets, études de toute sorte présentés par des architectes, des entrepreneurs, les Écoles du Gouvernement, l'École Centrale, etc.; mais ici nous nous bornerons à les signaler et nous voulons seulement tirer de cet ensemble imposant cette conclusion que l'architecture et la construction proprement dite sont l'objet des études les plus consciencieuses; qu'ingénieurs, architectes et entrepreneurs ont rigoureusement établi la technique de l'art de bâtir et que les moyens industriels, mécaniques, matériels, sont tels aujourd'hui que les travaux de la plus extrême difficulté peuvent être entrepris et menés, rapidement et économiquement, à bonne fin.

CONSTRUCTIONS LÉGÈRES DÉMONTABLES OU FIXES.

Avant d'entrer dans l'étude des matériaux et de quelques procédés de construction, nous dirons un mot des

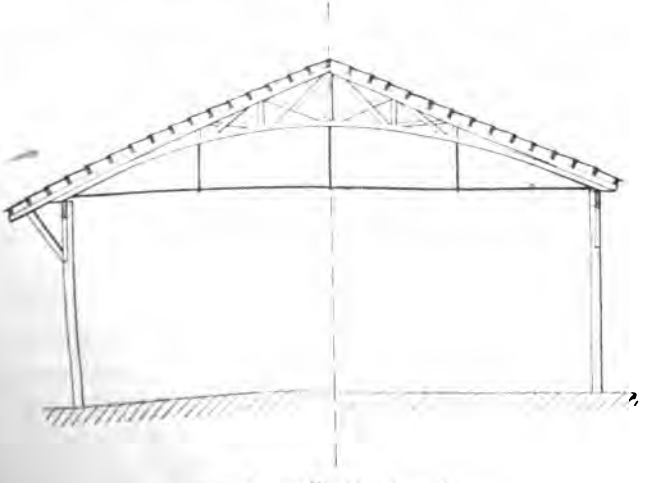


Fig. 64. — Hangar l'Ombla à ferme droite.

types de constructions légères, fixes ou démontables, solides et économiques.

Les figures 64 et 65 représentent des hangars légers en

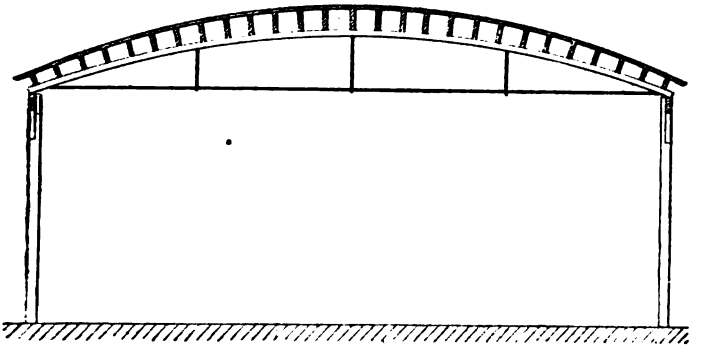


Fig. 65. — Hangar Pombla à forme courbe.

bois et fer pouvant être recouverts en carton bitumé ou en zinc ; ils sont construits par M. Pombla [1]. Un hangar de 12 m de portée, recouvert en zinc, revient tout monté à 13 fr le m².

M. Joachim [2] expose des briques creuses, de forme spéciale, avec lesquelles il établit, avec le secours seul du fer, des maisons et des hangars. Il n'a d'ailleurs qu'un modèle unique de briques creuses, d'épaisseur variable, dont il fait les murs, hourdis de plancher et même les couvertures en forme ogivale, sans charpente ni autres matériaux. Les figures 66 et 67 montrent la nature des matériaux et leur mode d'emploi.

Parmi les nombreux objets exposés par la maison O. André, de Neuilly-sur-Seine, nous avons remarqué un intéressant pavillon d'isolement pour malades (fig. 68), dont les qualités paraissent être les suivantes : isolement, nettoyage facile, désinfection possible, démontage

1. 68, avenue de Saint-Ouen, à Paris.
2. 14, rue Meynadier, à Paris.

rapide et peu coûteux. Au point de vue de la construction, qui nous intéresse spécialement, le pavillon com-

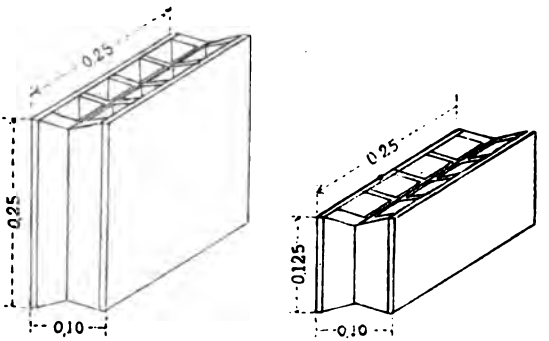


Fig. 66. — Briques creuses Joachim. Vue perspective.

prend des ferrures très légères en petits fers à I, réunis par des goussets; il y a double paroi en frises de sapin

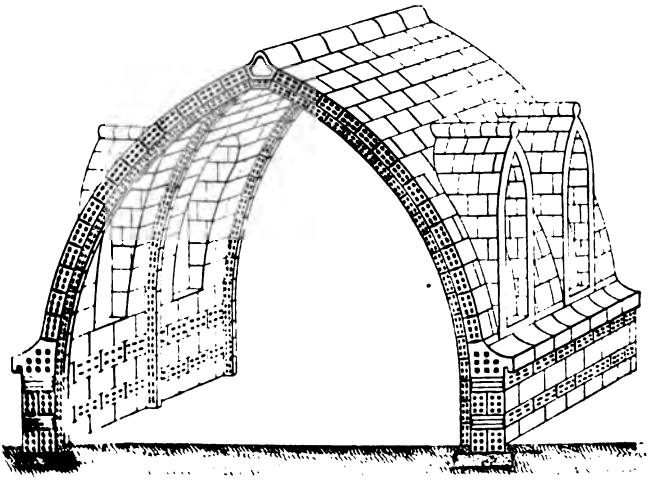


Fig. 67. Construction en briques creuses Joachim. Vue perspective.

à rainures et languettes, encastrées à glissement sur les fers I (fig. 69). Les parquets sont faits de panneaux de 1,80 m sur 1 m et reposent sur des fers I isolés; ces

panneaux s'enlèvent à volonté. Au-dessous du plancher

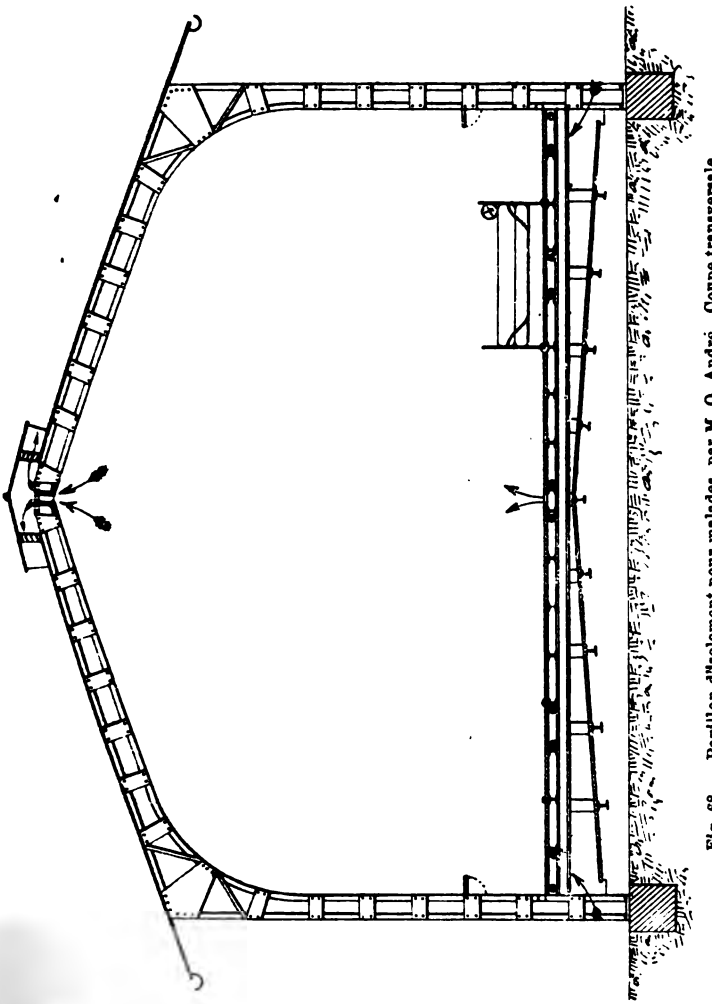


Fig. 68. — Pavillon d'isolement pour malades, par M. O. André. Coupe transversale.

(fig. 70) est une chambre de chaleur régnant sous toute la superficie de la salle; un deuxième plancher inférieur, reposant sur fers à I, est en zinc et à deux pans pour recueillir les eaux de lavage qui s'écoulent dans des ri-

goles latérales. Les fenêtres sont à carreaux amovibles,

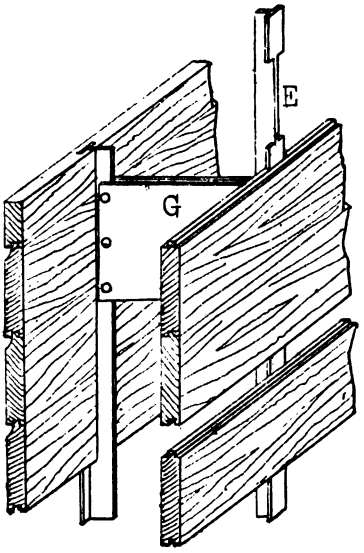


Fig. 69. — Mode d'assemblage des frises avec les montants.
G, gousset. — E, entailles dans les ailes du fer à T.

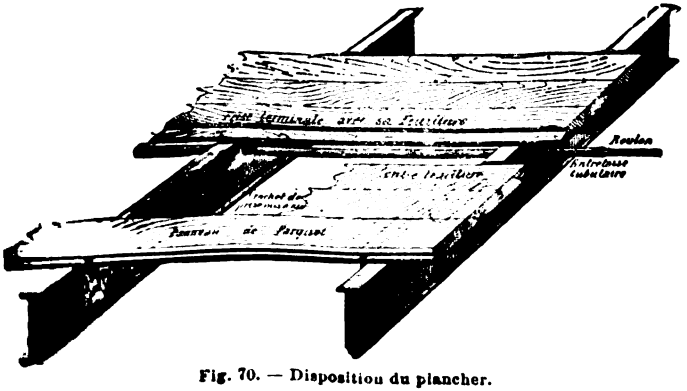


Fig. 70. — Disposition du plancher.

sans mastic, laissant pénétrer tangentiellement aux verres une lame d'air très mince (fig. 71). Ces fenêtres sont dites « à échelon ».

Dans la partie technique de l'exposition d'architecture, nous avons remarqué un ouvrage de M. Flamant, architecte [1]. Cet ouvrage, intitulé : *Étude sur les constructions économiques,* donne des renseignements intéressants sur l'hygiène de l'habitation et sur le choix des appareils et matériaux propres à l'assurer.

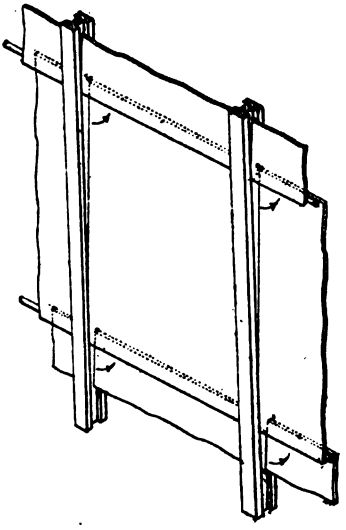


Fig. 71. — Disposition des vitrages des fenêtres.

A titre de curiosité, et bien que ce genre de construction n'intéresse pas beaucoup le service militaire, nous citerons les maisons en bois construites par la société « Ligna », à Stockholm, et par la maison Thams et Cie, à Trondhjem (Norvège). Ces compagnies établissent d'après les plans et indications qu'on leur fournit des habitations complètes qu'elles expédient ensuite toutes prêtes à être montées, couvertures et tous accessoires compris.

Baraques démontables Espitallier. — Comme construction démontable pouvant intéresser l'armée, on citera particu-

1. 6, rue Allard, à Saint-Mandé.

lièrement les baraques démontables du capitaine du génie Espitallier. Le problème que s'est imposé cet officier est

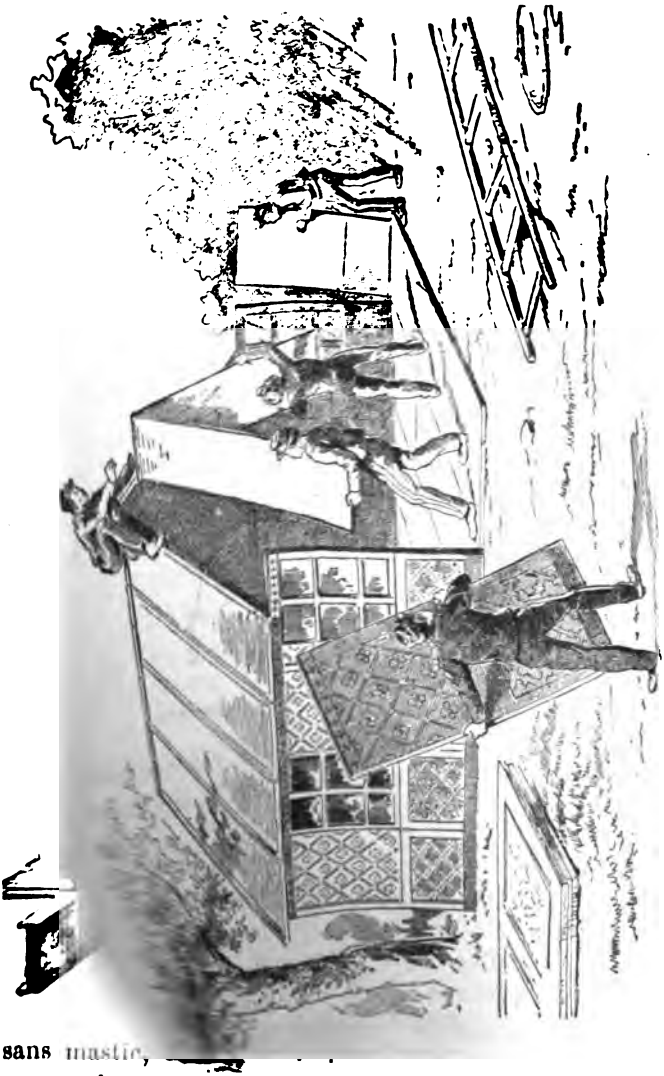


Fig. 72. — Montage de la baraque Espitallier.

sans mastic, [illegible]
res une lame d [illegible] des baraques démontables, mais
dites « à échelon [illegible] dont tous les éléments soient utili-

sables et transportables après leur démontage, et en même temps d'obtenir une construction économique d'un montage simple et rapide. C'est par l'emploi presque exclusif d'un carton spécial comprimé, dur, compact et inaltérable, pour les parois aussi bien que pour l'ossature, qu'on est arrivé à la solution. Les éléments les plus pesants ne dépassent pas 40 kg; ils forment double paroi. Les murailles, la toiture, le plancher sont composés d'éléments semblables. Le poids d'une construction est de 30 à 40 kg par m² couvert; son prix est d'environ 45 à 50 fr. La figure 72 indique le mode de montage et divers types de constructions en carton comprimé.

Constructions métalliques. — Dans la section américaine était exposé un système de construction incombustible, de Hayes [1]. Ce système consiste dans l'emploi de tôle galvanisée, percée de nombreux trous rectangulaires, la partie repoussée formant autour du trou des saillies pleines d'aspérités; on enduit les deux parois de mortier ou de plâtre de façon à former un véritable mur. Grâce aux trous et aux aspérités, la liaison des enduits avec la tôle et entre eux est parfaite.

Dans le même ordre d'idées, nous ne pouvons pas omettre de signaler les belles constructions métalliques de la maison de Schryver et Cie [2], en tôle d'acier galvanisée et emboutie. La construction se compose de panneaux à double paroi, en tôle d'acier emboutie et galvanisée. Les points verticaux sont des fers à simple T; les points horizontaux des fers méplats de 3 mm d'épaisseur. Ces lames sont percées de larges trous qui permettent la circulation, entre les deux parois, d'air frais en été, d'air chaud en hiver. Les plafonds eux-mêmes sont formés par des panneaux en tôle d'acier emboutie dont les formes et les dessins peuvent produire de

1. A New-York, représenté à Paris par M. Lhomme, 175, rue Saint-Laurent.

2. A Hautmont (Nord).

[illegible] beaux effets de [illegible]. Les portes, les fenêtres, les escaliers, les cheminées peuvent être faits entièrement en tôle et fer : la couverture elle-même est en tôle d'acier ondulée. La construction peut donc être faite uniquement en métal : ce n'est qu'après avoir subi toutes les opérations de pressage, perçage et [illegible], que celui-ci est galvanisé. Les constructions sont ajustées de façon à pouvoir être facilement démontées : il va sans dire que dans les maisons d'habitation les portes, fenêtres et planchers seraient faits en bois. En un mot c'est un modèle particulier de construction démontable et même transportable, car le résistance de l'acier étant presque double de celle du fer, on a pu apporter dans les pièces une plus grande [illegible] que [illegible] les avait faites en fer.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Pour ce qui est du fer, nous n'en parlerons pas beaucoup ; [illegible] particulières à chaque usine donnent le détail des [illegible] différentes avec leurs poids, les longueurs sous lesquelles elles sont fabriquées ; des tables même donnent leur [illegible] de résistance suivant l'emploi et les portées. Nous dirons seulement que nos grandes usines françaises avaient rivalisé de zèle et de goût pour présenter admirablement leurs nombreux et remarquables produits. Bien que [illegible] soient connues, nous rappellerons cependant celles qui nous ont plus spécialement frappé par la variété et la valeur des objets exposés, ce sont les forges [illegible] Châtillon et Commentry, de la Providence, de l'A[illegible] de Montataire, de Montceau-sur-Sambre, de Pompey [illegible] et Moselle), de Commentry et Fourchambault. [illegible] du Pont-à-Mousson exposaient de magnifiques [illegible] pour conduites d'eau, en particulier une [illegible] ayant 1,80 m de diamètre.

[illegible] pas faire l'objet d'une longue des[illegible] avait de toutes espèces et de tous pays, [illegible] aussi bien que pour la décoration.

C'est surtout dans des applications nombreuses et variées que ce produit était intéressant. Parmi les nombreuses machines à travailler le bois, nous en signalerons une destinée à remplacer les scies ordinaires qui ont l'inconvénient de produire un déchet sensible. Cette machine est une raboteuse qui coupe le bois, préalablement amolli dans une atmosphère humide, en lames plus ou moins épaisses.

A titre de curiosité, signalons un bois artificiel fait de la manière suivante : on gâche à l'eau un mélange de sciure de bois et de kaolin, la pâte est refoulée à la filière sous des formes et des épaisseurs variées, puis elle est séchée à l'air et enfin cuite. Le produit ainsi obtenu, qui peut être scié, percé, raboté, poli comme du bois ordinaire, est déjà très employé en Allemagne.

En ce qui concerne la pierre, nous avons bien remarqué à l'Exposition de beaux matériaux provenant de nos principales carrières de France, des marbres de toute nature, de France, de Belgique ou d'Italie ; mais en réalité il n'y a rien à en dire, les constructeurs connaissent les noms des bancs principaux, et ils sont fixés sur la nature des pierres à employer suivant les circonstances.

C'est plutôt dans les matériaux artificiels qu'il y aurait lieu de signaler quelque nouveauté.

MATÉRIAUX ARTIFICIELS.

Pyrogranit de Kristoffovitch. — M. Paul de Kristoffovitch[1] expose dans la section russe une pierre artificielle qu'il a appelée « granit ou marbre artificiel, pyrogranit » ou même « pierre universelle ». Sans pouvoir indiquer d'une façon précise ni le prix de ces matériaux, ni la façon dont ils se comportent dans les constructions, leur aspect, leur dureté, leur coloration, en font, au moins en

1. Rue Monceau, 93, à Paris.

apparence, des produits de premier choix. L'invention de M. de Kristoffovitch consiste dans la calcination d'argiles mélangées, moulées, fortement comprimées après une préparation spéciale et sous toutes formes. Les produits obtenus sont très homogènes et ne présentent ni soufflures, ni gerçures, ni vitrification. Des briques, des pavés, des matériaux plus épais, des objets de toute forme et ornementés sont obtenus par ce procédé. Suivant le dosage et la nature des éléments, les tons peuvent en être très variés. Tous ces produits peuvent recevoir un poli remarquable, et avec l'addition à la matière première d'éléments spéciaux, on obtient du granité, des imitations de marbre et de porphyre, avec grains, veines et marbrures.

M. de Kristoffovitch a installé, en France, une usine pour traiter les argiles françaises qui lui ont donné des produits aussi beaux et aussi variés que ceux qu'il avait obtenus avec les argiles russes. Nous ne pouvons nous [illegible] davantage sur cette invention, mais nous y avons [illegible] une intéressante innovation qui peut être appelée à [illegible] de réels services pour la construction et l'orne-[illegible]

[illegible] Comme matériaux intéressants nous cite-[illegible] clinkérés de M. Carré et Cie [1], et ceux déjà bien [illegible] la maison Coignet et Cie [2]. Le nombre des appli-[illegible] produits est considérable ; outre que les [illegible] s'appliquent parfaitement à la décoration sous [illegible] consoles, balustrades, etc., ils trouvent [illegible] dans la construction même, sous forme [illegible] de toutes dimensions, socles monoli-[illegible], mangeoires, dalles, chaperons de [illegible] cours ou passages, caniveaux, tuyaux

[illegible]

1. [illegible]

cripti [illegible]

pour la [illegible]

La fabrication des produits agglomérés Coignet, faite avec un outillage perfectionné, est très soignée; ils ont l'aspect de la pierre, la solidité des meilleurs matériaux, leur résistance à l'écrasement atteint 400 kg par centimètre carré et leur résistance à l'usure égale celle du granit. Ils sont réfractaires à l'action des intempéries, offrent une adhérence parfaite à tous les liants, par leur combinaison avec d'autres matériaux, pierres ou briques, ils peuvent contribuer à l'ornementation des façades ; même, en employant exclusivement à la construction des murs des matériaux artificiels agglomérés, et peut très bien se passer d'enduit à l'extérieur, où un simple jointoiement suffit, et à l'intérieur on peut faire directement l'enduit au plâtre sans crépi. Enfin, la maison Coignet expose de véritables marbres artificiels d'un poli, d'une couleur et d'une valeur artistique très marqués. Ces marbres ont une grande richesse de ton, et peuvent, dans bien des cas, être avantageusement substitués aux marbres naturels en raison de leur prix beaucoup moins élevé.

Le nombre des ciments-marbres exposés était considérable, l'aspect en est généralement assez artistique : nous citerons en particulier ceux de M. Leprovost[1], rappelant les marbres les plus riches et présentés sous forme de colonnes, cheminées, vases, panneaux, etc.

La Société Pavin de Lafarge[2] fabrique des matériaux artificiels en ciment comprimé qui nous ont paru de bonne qualité, principalement quelques objets d'ornement et des balustrades complètes de modèles très variés.

Enfin, signalons les blocs en Portland aggloméré de M. Lacampagne, à Fontainebleau. Outre des objets et matériaux de toute nature, cet industriel présente un blocage en ciment aggloméré pour puits et d'une seule pièce, qui paraît assez avantageux; les bétons agglomérés de

1. Rue Haxo, 85, à Paris.
2. Boulevard de la République, à Alger.

M. Dubos[1], qui a établi les revêtements de la base de la tour Eiffel.

Granits artificiels. — Au nombre des granits artificiels figurent les produits de M. Duprat[2]. Il s'agit ici plus spécialement de pavés dont les éléments constitutifs sont tels qu'ils résistent au choc, s'usent lentement et régulièrement sans qu'il y ait jamais à craindre la désagrégation. La forme des pavés artificiels est régulière et précise. M. Duprat a eu l'occasion de faire de ses pavés de nombreuses applications au sujet desquelles il présente plusieurs certificats importants. Il est bien entendu que nous ne pouvons affirmer d'une façon absolue toutes les qualités énoncées plus haut et celles même que nous n'avons pas constatées, et que l'inventeur nous a signalées. Les matériaux d'exposition peuvent paraître excellents à première vue, mais, à moins de se livrer sur eux à des essais détaillés qui n'entraient pas dans notre mission, on ne saurait qu'on signaler la présence et les qualités apparentes. Quoi qu'il en soit, les impressions laissées par le pavé [illegible] sont bien celles de la dureté, de la résistance et [illegible] propreté.

[illegible] *durcis.* — On peut classer au nombre des [illegible] artificiels les plâtres durcis par le procédé de [illegible]. Cet inventeur s'est proposé, pour but de ses [illegible] d'obtenir le durcissement et l'imperméabili- [illegible] tants en plâtre, de façon à leur communiquer [illegible] supporter indéfiniment les lavages desti- [illegible] de souillures, poussières, germes [illegible] produit, essayé dans plusieurs établisse- [illegible] de Paris, semble avoir donné de bons [illegible] durcissement et à la faculté de subir

[illegible] à Paris.
[illegible] à Paris.

des lavages répétés. En réalité, c'est un procédé de stucage du plâtre plus économique que le procédé habituel et présentant sur celui-ci l'avantage de pouvoir être appliqué sur des enduits déjà vieux. Cette invention nous a paru intéressante au point de vue de l'hygiène dans les hôpitaux, casernes et tous autres locaux pouvant être soumis à des lavages répétés. Des essais récents, faits dans le casernement de Paris, ont permis d'apprécier la grande valeur du procédé de durcissement du plâtre présenté par M. Vallin.

CHAUX ET CIMENTS.

Les chaux et les ciments se fabriquent à peu près dans toutes les régions de la France et la consommation en est telle que le nombre des usines est considérable ; aussi cette partie des matériaux de construction était-elle abondamment représentée à l'Exposition, tant par le nombre des exposants que par la variété des produits et de leurs applications. Le choix d'une chaux ou d'un ciment dépend évidemment de la nature du travail à faire : il doit être basé sur des essais préalables déterminant les qualités, l'homogénéité de la matière. Certaines usines ont acquis une réputation universelle et présentent toutes garanties désirables, mais d'autres moins connues peuvent également fournir de bons matériaux ; dans une collection aussi variée que celle qui figurait à l'Exposition, il serait bien difficile d'éliminer certains produits au profit exclusif de quelques-uns d'entre eux. Aussi bien, il nous semble sans intérêt d'énumérer tous les exposants ; nous nous bornerons donc à donner quelques renseignements techniques sur certains modes de fabrication et d'emploi ; nous ne séparerons pas d'ailleurs les chaux des ciments, la plupart des fabriques produisant à la fois l'un et l'autre.

Les chaux hydrauliques et les ciments sont naturels ou artificiels, mais le plus grand nombre en est artificiel, provenant du mélange de roches calcaires diverses ou de

la liaison de roches calcaires avec des matières minérales. Les ciments artificiels ont pris une grande extension et plusieurs d'entre eux, de date récente, formés de calcaires et de laitiers de hauts-fourneaux, paraissent présenter les qualités des meilleurs ciments naturels seuls connus auparavant.

Ciment de Portland. — Nous avons trouvé, dans un rapport de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Debray, des détails intéressants sur le mode de fabrication du ciment Portland artificiel à l'usine de MM. Quillot frères [1] ; nous en donnons ci-après un aperçu sommaire, à titre de renseignement.

La fabrication, à Frangey, est caractérisée par le broyage des matières premières à sec, leur mélange à cet état et la mise en briques presque sans eau. Divers bancs, les uns trop riches en argile (24 à 36 p. 100), les autres trop pauvres (14 à 18 p. 100), sont exploités séparément ; les matières broyées et moulues sont ensuite mélangées pour obtenir une poudre dosée régulièrement à 21 p. 100 d'ar- [illegible] propre à donner, après une cuisson convenable, un [illegible] à prise lente. Les marnes en roches sont d'abord [illegible] à l'air, puis passées dans des étuves. Le séchage [illegible] est indispensable pour obtenir une mouture impal- [illegible] par suite, un mélange intime assurant la combi- [illegible] rapide des éléments chimiques. Les roches sont [illegible] concassées, mélangées, puis passées sous des [illegible] par des vis et norias, enfin blutées sous [illegible] poudre impalpable. Des analyses répétées per- [illegible] vérifier à tout moment le dosage en argile du [illegible] poudre à l'état absolu de dessiccation est très [illegible] est exactement de 1 000 kg le mètre [illegible] sec est amené sous des pulvérisateurs [illegible] environ 3 à 5 p. 100 d'eau. A cet état,

1. 92, [illegible]
2. 67, [illegible] Yonne).
3. 11, qui [illegible]

la matière est agglomérée sous forme de briquettes de 14 cm × 27 cm × 8 cm au moyen de presses à vis donnant environ 300 kg de pression au cm². La cuisson s'opère dans un four Hoffmann à 20 compartiments et continu. Les briques sont empilées à cinq ou six compartiments en avant du feu, tandis que le ciment est retiré à cinq ou six en arrière. Les matériaux sont portés jusqu'au rouge-cerise. Il faut environ 250 kg de houille par tonne de ciment. Enfin, à la sortie du four les matières cuites sont soigneusement triées, et les ciments en roches, convenablement cuits, sont broyés soit dans un moulin à vapeur, soit dans un moulin à eau. Un dernier blutage permet d'obtenir le ciment au degré de finesse exigé généralement par les cahiers des charges.

Ciments de laitier. — Les ciments artificiels formés d'un mélange de calcaire et de laitiers de hauts-fourneaux sont de création récente et relativement peu connus encore. Cependant plusieurs usines se sont fondées pour cette fabrication et elles sont munies d'un outillage des plus perfectionnés. Parmi ces usines, nous citerons celle de M. Raty et Cie [1], et celle de MM. Henry, Gonod et Girardot [2]. La composition des ciments provenant de ces deux usines est à peu près la même. Des essais faits au laboratoire de l'École des ponts et chaussées ont déterminé la composition suivante pour les ciments de Saulnes :

Silice	22,45
Alumine	13,95
Peroxyde de fer	3,30
Chaux	51,10
Magnésie	1,35
Acide sulfurique	0,35
Perte au feu	7,50
	100,00

1. A Saulnes, près Longwy (Meurthe-et-Moselle).
2. A Donjeux (Haute-Marne).

Le ciment de laitier s'obtient par le mélange de laitiers de hauts-fourneaux refroidi et finement pulvérisé avec de la chaux éteinte en poudre. Le laitier est brusquement refroidi par un courant d'eau au moment où il sort en fusion du haut-fourneau. Sous cette forme simple, le ciment gâché à l'eau et exposé à l'air subit un reretrait et se fendille. Pour remédier à ces défauts, on ajoute au mélange une certaine proportion de silice et d'alumine obtenue par précipitation chimique. Il est à remarquer que les éléments constitutifs de ce ciment ont une composition parfaitement régulière. Les essais à l'arrachement, faits sur des cubes de mortier normal (1 de ciment et 3 de sable), ont donné les résultats suivants :

Après 7 jours	20 kg.
Après 28 jours	27 —
Après 84 jours	29 —

Ces chiffres se rapprochent de ceux obtenus avec les meilleurs ciments de Portland.

Les ciments de laitier paraissent, d'après les nombreux échantillons ou objets fabriqués qui sont exposés, pouvoir être avantageusement employés partout où le ciment de Portland trouve son application, à l'air, à l'eau douce ou à l'eau de mer. Leur densité est d'environ 1 100, de 300 moindre que celle du Portland : il en résulterait donc une économie sensible. La couleur est claire et rappelle, quand ils sont gâchés, celle de la pierre de taille ; la durée de la prise est de 4 à 6 heures. La force adhésive aux matériaux est très grande, enfin on prétend qu'ils peuvent recevoir très bien la peinture. Signalons une particularité intéressante : ces ciments font prise même dans l'eau bouillante.

Ciments de grappiers. — Nous avons trouvé, dans l'exposition de MM. Pavin de Lafarge [1], un nouvel exemple

[1] A Alais (Ardèche).

de fabrication de ciments Portland artificiels. Pendant longtemps l'usine ne fabriquait que des chaux hydrauliques, avantageusement connues d'ailleurs ; c'est ainsi qu'elle a fourni 120 000 tonnes de chaux hydraulique pour les travaux de l'isthme de Suez. Cette chaux, composée de silicate de chaux et de chaux libre, est fournie par un banc calcaire puissant. Après la cuisson, la pierre est éteinte par une faible quantité d'eau, puis la poudre est soigneusement blutée. De ce blutage résulte un résidu sableux n'ayant pas assez de chaux libre pour se réduire en poudre par extinction. Pendant de longues années ce résidu fut jeté aux remblais. L'analyse avait bien démontré que ces sables étaient riches en silice, mais ce ne fut qu'après bien des tâtonnements, des expériences, des broyages, des blutages combinés, après bien des améliorations successives dans les appareils que l'on arriva à trouver un procédé industriel capable de leur faire produire un très bon ciment de Portland artificiel.

La fabrication des ciments artificiels est toujours délicate ; mais avec les procédés mécaniques si ingénieux que possèdent aujourd'hui les fabricants, ces produits sont arrivés à un grand degré de régularité dans la composition et les qualités.

Ciments naturels. — Au nombre des ciments naturels, provenant directement de la roche, nous citerons les ciments Pelloux et Cie[1]. Soumis à l'essai, des cubes, composés de 80 parties de ciment pour 10 de sable, ont donné, comme résistance à l'arrachement :

Au bout de	54 jours	21 kg.
—	286 jours. . . .	31 —
—	452 jours. . . .	42 —

Les ciments lents de Valbonnais sont de deux sortes :

1. A Valbonnais, près Grenoble.

Le ciment n° 1, pesant 1 500 kg au mètre cube, fait prise en 12 à 15 heures.

Le ciment n° 2, pesant 1 300 kg au mètre cube, fait prise en 4 à 6 heures.

Le tableau suivant, établi avec les rendements fournis par le ciment Pelloux, est intéressant, car il peut fournir des données pour des analyses et des avant-métrés.

Tableau des rendements en mortier pour les ciments Pelloux de Valbonnais.

PROPORTION DE SABLE DE CIMENT ET DE MORTIER en m³.			PERTE au GACHAGE.	POIDS DE CIMENT (kg) entrant dans 1 m³ de mortier.	
Sable.	Ciment.	Mortier.		Ciment n° 1.	Ciment n° 2.
1	1	1,660	17 p. 100	900k	708k
2	1	2,520	16 p. 100	600	510
3	1	3,520	12 p. 100	420	370

Nous ne pourrions évidemment pas indiquer tous les modes d'emploi des ciments, mais nous donnerons quelques détails sur la composition et le mode d'emploi des trois éléments suivants : mortiers, bétons et dallages, qui résument les renseignements fournis par les exposants, renseignements que corroborent, du reste, les spécimens exposés.

Mortiers de Portland. — Pour fabriquer de bon mortier avec des ciments Portland à prise lente, on mélange d'une façon aussi intime que possible et à sec le ciment et le sable. Le sable doit être grenu, très propre et sec. Sur le mélange on verse l'eau, lentement, au moyen d'une pomme d'arrosoir et en aussi petite quantité que possible. Pendant cette opération le mortier est remué au rabot pour que l'eau mouille toute la masse. Le dosage des éléments varie suivant la nature du travail à faire, mais quel qu'il soit on opérera toujours avec les mêmes précautions.

Bétons de ciment. — Les bétons de ciment peuvent être composés soit de cailloux et ciment pur dans la proportion de 4 à 10 de gravier pour 1 de ciment, soit de cailloux et de mortier de ciment dans des proportions variables. Dans les deux cas, les cailloux devront être parfaitement propres.

Pour faire un bon dallage il faut que le terrain sur lequel il doit reposer soit ferme et sans tassement possible ; au besoin on le damera fortement. Le béton à employer est un béton maigre : il paraît convenable de le composer de 8 parties de graviers bien lavés et de 1 partie de ciment pur sans sable. Le béton est étendu sur le sol et fortement damé par tranches de 0,70 m environ de largeur et sur une épaisseur de 0,10 m à 0,12 m. Avant que le béton ne soit tout à fait sec on le recouvre de la chape de 0,02 m à 0,03 m d'épaisseur. Le mortier de la chape exige pour sa fabrication de grandes précautions, comme il a été dit plus haut pour le mortier ordinaire. La proportion des éléments peut être la suivante : 1 partie sable grenu et très propre, 1 partie ciment. On pose le dallage par tranches limitées par des règles en fer ayant la hauteur du dallage, le mortier est étendu, puis fortement serré; il est ensuite dressé, au niveau voulu, au moyen d'une règle en fer que l'on fait glisser sur celles qui limitent la tranche. Enfin il est, soit lissé à la truelle, soit passé au rouleau-boucharde, soit enfin découpé en tranches au moyen du fer à joints. Lorsque la surface a pris une consistance telle que des grains de sable ne puissent pas s'y attacher, on la recouvre d'une couche de sable que l'on y conserve pendant plusieurs jours en l'arrosant fréquemment.

Pour terminer ce qui concerne les ciments, nous mentionnerons la belle exposition de la Société des ciments de Boulogne-sur-Mer, Demarle, Lonquéty et Famchon fusionnés, dont la production atteint 140 000 000 kg par an, et celle de la maison Vicat et Cie, à Grenoble, qui, à côté de la spécialité du ciment à prise prompte, dit de

la *Grande-Chartreuse,* fabrique des ciments naturels ou artificiels à prise lente. Les spécimens exposés par ces deux usines importantes paraissent être de très bonne qualité.

Diverses applications des ciments.

Ainsi que nous l'avons dit, la plupart des exposants, fabricants de chaux et de ciments, ont montré par des spémens variés les nombreux usages auxquels peuvent être employés leurs produits. D'autres exposants ne fabriquent pas la matière première, mais se sont fait la spécialité des travaux exécutés avec elle. Tels sont, par exemple, M. Dumesnil[1] et M. Sappey[2]. On trouve de tout dans leurs expositions : travaux hydrauliques, travaux de construction ordinaire, tels que enduits, dallages, maçonneries ; des travaux de décoration ; des matériaux : blocs de béton, de pierre, de marbre ; des bordures, appuis de fenêtre, massifs, tuyaux, pierres à évier d'une pièce, mangeoires, cuves de toute nature ; des carrelages, mosaïques ; enfin, des colonnes, des vases, des pièces moulées pour décoration.

Constructions mixtes en fer et ciment. — On sait que la liaison du fer et du ciment se fait d'une manière parfaite et que les coefficients de dilatation de ces deux corps sont presque identiques, ce qui met les ouvrages en fer et ciment à l'abri des variations de température. Depuis plusieurs années une industrie spéciale s'est créée pour ce genre d'ouvrages : des objets de décoration, des mangeoires, auges, etc., sont faits de cette manière, présentant à la fois solidité, élégance et légèreté ; de grands efforts ont été faits pour établir des canalisations en fer et ciment capables de lutter avantageusement avec les conduites en fonte. Nous citerons, dans ce genre d'industrie,

---

1. 129, rue Marcadet, à Paris.
2. 32, boulevard Richard-Lenoir, à Paris.

trois exposants principaux : M. Perego[1], M. Monier[2] et M. Bordenave[3]; c'est surtout de ce dernier que nous nous occuperons, car ses procédés, tout nouveaux, nous paraissent intéressants et dignes de confiance.

Tandis que jusqu'à présent l'ossature en fer était faite au moyen de barres de fer à section ronde ou carrée, M. Bordenave emploie les sections en I ou en U; sans doute, pour des ouvrages n'ayant pas à subir de fortes pressions, les moyens primitifs suffisaient : mais, pour des réservoirs, des canalisations pour eau forcée, l'ossature doit présenter une solidité très grande. Par suite de la difficulté de laminer, sous de grandes longueurs, des fers à I de très petite section, M. Bordenave a été amené à remplacer le fer par l'acier. Il a donné à son système le nom de constructions de *sidéro-ciment*. Les coefficients de dilatation des deux corps sont de 0,000014349 pour le ciment et 0,000011899 pour l'acier. La figure 73 montre comment est faite l'ossature pour des conduites d'eau. Pour obtenir le degré de résistance voulue, on emploie des aciers plus ou moins gros, on élargit plus ou moins les mailles du réseau, on donne enfin au remplissage une résistance plus ou moins grande, en faisant varier l'épaisseur des parois, ou en employant un mortier plus ou moins riche en ciment. On voit de quels moyens on dispose suivant les besoins à satisfaire.

Grâce au grand développement du profil des fers, l'adhérence entre l'ossature et le remplissage est très complète. La paroi en ciment étant divisée en très petites parties ne subit ni retrait ni fissures. Cette paroi n'apporte pour ainsi dire aucun élément de résistance à l'ouvrage; elle n'assure que l'étanchéité de l'ossature en acier. On a constaté que l'acier ainsi enfermé dans le ciment conservait une inaltérabilité complète.

---

1. 2, rue des Sablons, à Paris.
2. 151, avenue de Paris, à Saint-Denis.
3. 101, rue de Miromesnil, à Paris.

Si l'on compare deux conduites d'eau, l'une entièrement en ciment, l'autre en fer et ciment, on trouve les résultats suivants.

Calculons l'épaisseur à donner à une conduite d'eau en

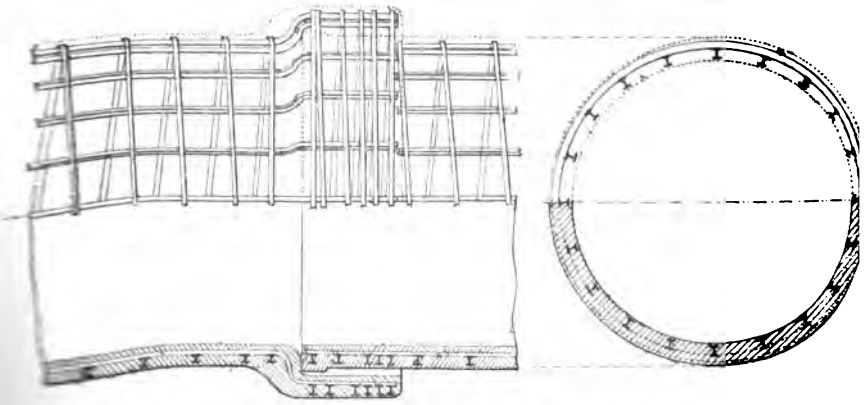


Fig. 73. — Tuyaux en sidéro-ciment. Élévation et coupe.

ciment de 0,65 m de diamètre capable de supporter une pression intérieure de 3 atmosphères. La formule indiquée par tous les fabricants qui se sont occupés de la question est

$$E = \frac{DH}{30},$$

[illegible] désignant par E l'épaisseur, D le diamètre intérieur, [illegible] H la pression en hauteur d'eau (mètres).

On trouve par suite

$$E = \frac{65 \times 30}{70} = 0{,}65 \text{ m}.$$

[illegible] le diamètre extérieur de la canalisation sera [illegible] le poids d'un mètre courant serait d'environ [illegible] Dans les mêmes conditions de pression, une du[illegible] en fer et ciment aurait 0,05 m d'épaisseur de [illegible] poids au mètre courant serait d'environ [illegible] kg d'acier.

1. 189, [illegible]

2. 32, [illegible] tuyaux se fait à emboîtement, comme

l'indique la figure 73, avec garniture de plomb rigoureusement maté.

Un des avantages de ces canalisations est qu'elles peuvent être fabriquées sur place et procurer une économie très sensible sur les transports.

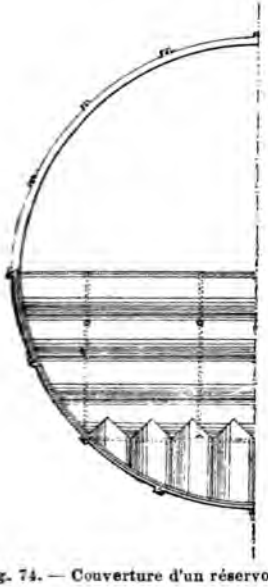


Fig. 74. — Couverture d'un réservoir.

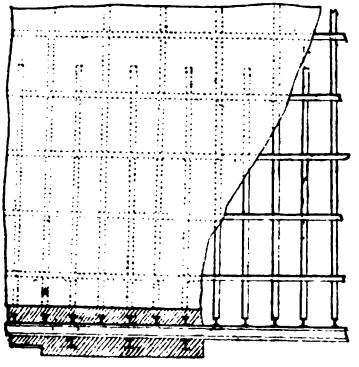


Fig. 75. — Élévation et coupe verticale.

Bien que l'établissement des canalisations pour eaux forcées ne rentre pas souvent dans les attributions du génie militaire, il nous a paru intéressant de signaler avec quelques détails ce genre d'ouvrages; du reste, M. Bordenave ne borne pas à cette seule application son invention : il pense qu'elle pourrait être appliquée à des murs et à des voûtes de fortification, à des constructions de poudrières ou bâtiments de fabrication, de manipulation ou de dépôts d'explosifs, à l'établissement de dallages et de planchers dans les forteresses, à la construction de réservoirs ou citernes comme le montrent les figures 74 et 75. Nous ne faisons que mentionner, sans prendre parti,

ces diverses applications dont la valeur ne pourrait être manifestée qu'à la suite d'essais et d'expériences de longue durée.

Terrasses Caillette. — M. Caillette, entrepreneur de travaux publics[1], dans une intéressante construction en fer et ciment établie sur la berge des Invalides, expose des

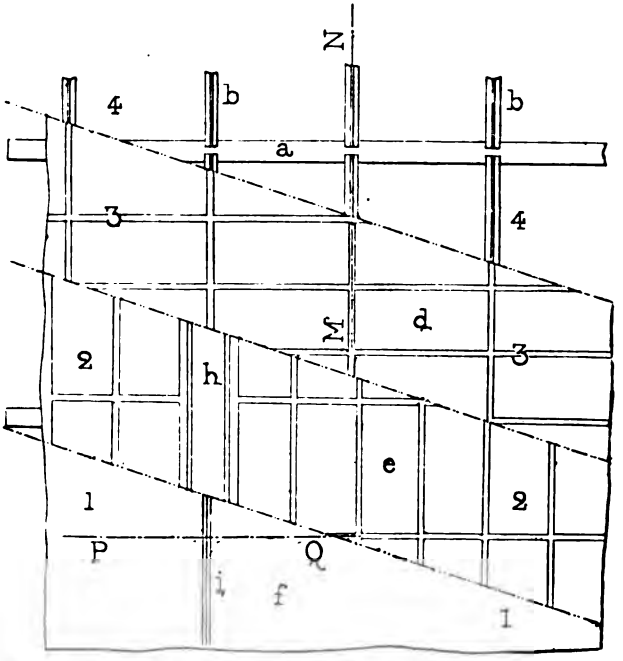


Fig. 76. — Terrasse Caillette. Plan et coupes horizontales à diverses hauteurs.

procédés nouveaux, dont il est l'inventeur, pour l'établissement des terrasses, couvertures et planchers à grande portée en ciment. Son pavillon, soumis pendant plus de 7 mois aux variations de température de l'été et de l'automne et à toutes les intempéries, pouvait servir de

1. 151, rue de Bercy, à Paris.

preuve à l'efficacité de son système ; les visites que nous y avons faites à divers intervalles nous ont fourni complètement cette preuve.

On sait combien il est coûteux et difficile d'obtenir de bonnes terrasses. Qu'on les recouvre d'un enduit en ciment ou en asphalte coulé, ou encore d'une lame de plomb, il faut toujours faire un hourdis entre solives,

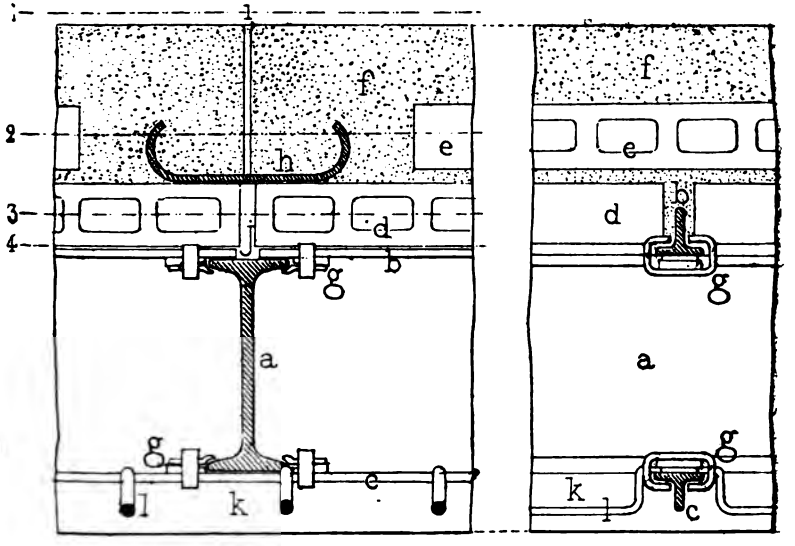


Fig. 77. — Coupe MN. Fig. 78. — Coupe PQ.

placer au-dessus une couche de béton, enfin, l'enduit ou la couverture en plomb. Tout cet ensemble est très lourd et exige des fers de grande force. Avec le ciment ou l'asphalte, les grandes dimensions de l'enduit favorisent les fissures et par suite les infiltrations par l'action des tassements et des trépidations; la masse compacte et quasi imperméable de la terrasse donne lieu à l'intérieur des locaux placés au-dessous d'elle, à des condensations d'humidité dues aux différences de température. Nous pensons que les procédés présentés par M. Caillette pour la confection des terrasses sont de nature à corriger ces incon-

vénients; qu'ils permettent une sensible diminution du poids total de la terrasse et du plancher inférieur et par suite qu'ils procureraient une économie sensible.

Les figures 76 et 77 permettent de se rendre compte du système dont il s'agit. La terrasse se compose de panneaux en béton de ciment *f* de 0,08 m d'épaisseur et de 1 m sur 1,50 m de côté. Ces panneaux sont séparés les uns des autres par le joint *i*. Avec ces dimensions restreintes, le panneau de ciment peut résister sans se rompre à tous les changements de température. Deux panneaux voisins sont reliés, pour fermeture du joint *i*, par une bande de plomb *h* de 2 mm d'épaisseur sur 0,15 m de largeur noyée dans la masse des panneaux. Les panneaux sont ainsi soudés entre eux tout en restant indépendants et tous les joints sont étanches. Le plomb enfermé dans le ciment peut, du reste, se conserver indéfiniment. Pour supporter ces panneaux, on place sur les solives en fer du plancher *a* des petit fers *b* à simple T, reliés avec elles par colliers et coins *g*. Ces petits fers ont 24 × 25 mm et pèsent 1,35 kg le mètre; on les espace de 0,36 m. Sur ces petits fers on place un rang de briques creuses *d* de 0,04 m d'épaisseur fixées au ciment. Un deuxième rang de briquettes recroisées *e* est posé également à bain de ciment sur le premier et c'est sur l'aire ainsi formée qu'on coule sur place les panneaux en béton de ciment.

Pour éviter les effets de condensation à l'intérieur, on se gardera de faire un hourdis plein entre les solives du plancher, qui donnerait en outre une charge morte considérable. Les figures 77 et 78 indiquent comment on peut procéder pour établir un plafond avec la plus grande légèreté. Un hourdis en plâtre est supporté par des fers *e* à T de 20 mm × 18 mm fixés à colliers et coins *g* sous les solives et reliés par des entretoises *l*. Il reste alors entre la terrasse et le hourdis *k* un vide qui a toute la hauteur des solives.

Nous nous contenterons de donner ces quelques ren-

seignements sur les procédés de M. Caillette ; ce sont ces mêmes procédés qu'il applique également aux couvertures entièrement en fer et en ciment; mais leur étude détaillée, si intéressante qu'elle soit, nous entraînerait trop loin.

Mosaïques en ciment. — Le ciment est enfin employé à la confection des mosaïques dans lesquelles il forme la gangue. L'industrie de la mosaïque est très répandue aujourd'hui, et partout à l'Exposition on pouvait voir de belles applications; nous ne signalerons que celles du Dôme central et du Palais de la guerre. Les mosaïques les plus soignées sont faites avec des granits ou des marbres de choix, cassés et noyés dans une gangue de ciment. Suivant les procédés de trituration et de compression, les mosaïques atteignent une remarquable résistance à l'écrasement et à l'usure, et suivant le choix des pierres incrustées, suivant la perfection du polissage, on obtient des couleurs très vives et de beaux effets décoratifs à des prix relativement peu élevés. Dans ce genre de produits, la maison François Coignet et Cie [1] se distingue d'une façon toute spéciale. Cette maison fabrique, du reste, des carreaux agglomérés ou mosaïques de toutes formes, dessins en couleurs, depuis 4 fr jusqu'à 45 fr le m². Il est juste également de mentionner les mosaïques de toute nature exposées par M. Mabille [2].

CARREAUX CÉRAMIQUES.

Si ces carrelages artificiels sont très décoratifs, il faut bien reconnaître que leur emploi dans les constructions militaires, où l'économie s'impose, ne peut être que des plus restreints. Il n'en est pas de même des carreaux en terre cuite ordinaires et d'une seule couleur, dont la consommation est très grande pour dallage de couloirs, écu-

1. 3, rue des Mathurins, à Paris.
2. 10, boulevard Montmailler, à Limoges.

ries, cuisines, locaux disciplinaires, etc. La plupart des usines qui font la brique ou la tuile font également les carreaux céramiques. La nature des terres employées, le mode de fabrication ou de cuisson donnent des produits de valeurs très différentes. Beaucoup de ceux exposés paraissent de bonne qualité; mais il nous serait impossible de citer tous les fabricants. D'ailleurs une énumération ne servirait à rien; car il ne suffit pas, le plus souvent, d'examiner un produit pour en découvrir la valeur. C'est à l'usage qu'on la reconnaît le mieux, et, d'autre part, cette classe d'objets n'a pas fait ressortir d'invention nouvelle capable d'attirer d'une façon spéciale l'attention des visiteurs. Cependant nous ne quitterons pas cette partie de la construction sans signaler au moins l'une des plus importantes usines de carrelages et pavages céramiques, sinon la plus importante : nous voulons parler de la maison Utzschneider et Jaunez [1], dont la réputation n'est plus à faire parmi les officiers du génie, au point de vue de la qualité et de la modicité de prix des carreaux ordinaires, pavages pour passages ou écuries, etc., aussi bien du reste qu'au point de vue de la variété et de la richesse de décoration et de couleur des carrelages de luxe.

PRODUITS EN TERRES CUITES.

Tout le monde a admiré le magnifique pavillon élevé non loin de la tour Eiffel par la maison Perrusson. Tous les produits de cette grande tuilerie contribuaient seuls à l'édification de cette belle construction, si riche d'aspect, si brillante de couleurs. Les carrelages, mosaïques, tuiles et briques, les terres cuites de toutes formes et de toutes couleurs unies ou émaillées, les poteries les plus diverses de luxe ou d'usage courant, sont fabriqués dans les usines de la Société Perrusson [2].

[1] Aujourd'hui Defrance et Cie, à Pont-Saint-Maxence (Oise).
[2] A la 4e écluse, commune d'Écuisses (Saône-et-Loire).

Si l'Exposition était en quelque sorte le triomphe du fer, il semble que jusqu'à un certain point la céramique le disputait avec le métal; en effet, les céramistes français ont véritablement fait de prodigieux efforts dans cette exposition. Dans tous les monuments on admire leurs produits atteignant aux plus brillants effets de décoration, ou bien combinés au fer avec adresse et élégance, pour donner un style de grande construction.

Dans les expositions de détail on trouve d'ailleurs un nombre considérable d'usines exposant tous les produits en terre cuite, céramique d'art, terres cuites d'ornement, tuiles, briques, boisseaux, etc. L'Union céramique et chaufournière de France était représentée par 65 de ses membres, chacun apportant des échantillons nombreux de sa fabrication. Quant au nombre des exposants indépendants, il était plus considérable encore. Mais, à vrai dire, dans cet ensemble d'objets il en est peu qui marquent d'une manière spéciale. Il semble que tous ils soient fabriqués de la même façon, d'après les mêmes idées. Les formes des produits usuels, tuiles, briques, etc., varient peu et ce qu'on peut plutôt considérer, c'est l'extension de la fabrication, c'est le meilleur travail de la terre, c'est enfin les perfectionnements dans le mode et les appareils de cuisson. On peut dire que presque en tous les points de la France on pourra trouver, pour des constructions ordinaires, des matériaux suffisants et à des prix convenables. Il est bien évident qu'il serait impossible de citer les exposants, d'analyser même simplement les formes, en nombre infini, données aux objets de même nature, aux tuiles plates, par exemple, pour ne citer que ce produit. On retrouve encore dans cette exposition trace de la lutte entre la fabrication en pâte dure et celle en pâte tendre, chacun vantant son procédé. Montchanin fabrique en pâte dure, la maison Gilardoni, dont nous parlerons plus loin, fabrique en pâte tendre. Nous dirons un mot de ces deux procédés, et sans trancher dans une ques-

tion que la théorie ne suffit pas à résoudre, nous disons que nos préférences sont pour la fabrication en pâte tendre.

Pour obtenir de beaux produits en terre cuite, tuiles, briques, etc., que faisait-on autrefois? On préparait longuement la terre, on la laissait pourrir, on l'arrosait, on la marchait, etc., etc. Aujourd'hui, les argiles sont laminées, malaxées mécaniquement : en réalité elles subissent plus rapidement, mais moins complètement, les opérations destinées à leur donner l'homogénéité et la plasticité; la terre molle étant préparée en pains, ces pains sont comprimés dans des moules en plâtre. Le produit préparé est très mouillé, il exige de grandes précautions pour la dessiccation; par suite, il faut aussi des emplacements considérables. Telle est la méthode de fabrication en pâte tendre, c'est la plus vieille.

Mais l'industrie moderne ne s'est pas contentée de cette marche lente et coûteuse. Il fallait produire vite, beaucoup, à peu de frais, dans le moins de place possible; il fallait préparer la terre, non plus seulement pour fournir des produits, mais pour alimenter des fours continus très gourmands. Dans les nouvelles méthodes de fabrication, l'argile est amenée directement de la carrière aux machines, elle est broyée et malaxée sans eau, entassée ensuite dans une caisse d'où elle est refoulée par un piston qui la force à sortir dans des lumières; les galettes, graissées à l'huile, sont de suite comprimées entre des moules en fonte pour former la tuile. Tel est le système de fabrication adopté depuis quelques années par les tuileries mécaniques. Le travail de la terre est à peu près nul, les malaxeurs donnent un amas de grumeaux sans liaison que le piston de la galetière est impuissant à souder, les particules de densité différente glissent les unes sur les autres, s'étirent, chacune pour son compte, et l'on obtient en réalité une superposition de feuillets minces, mal agglutinés entre eux, même sous l'action de la compression la plus énergique. On pourrait appeler le premier procédé :

fabrication logique et naturelle; le dernier: fabrication entièrement artificielle. Le premier exige des terres de bonne qualité; il donne des produits homogènes à cohésion parfaite; le second, un produit feuilleté, sans sonorité, mais en revanche d'une belle couleur rouge toujours identique et d'une surface très lisse.

Nous avons exposé le pour et le contre des deux genres de fabrication ; à l'architecte à conclure d'après les essais, la pratique et les conditions de prix.

Tuiles. — Parmi les plus remarquables expositions, nous signalerons celles de MM. Gilardoni frères[1], dont la maison, établie autrefois à Altkirch (Alsace), a inventé, en 1841, la tuile plate à emboîtement, qui a longtemps porté ce nom pour prendre ensuite celui de *tuile mécanique.*

Les figures 79 et 80 donnent trois des types principaux de tuiles à emboîtement de cette usine dont nous signalerons encore les entrevous à sommiers en briques représentés par les figures 82 à 84. On remarquera la forme des tuiles (fig. 81) à double et triple emboîtement et à forme concave qui rend l'écoulement de l'eau plus rapide et peut permettre de donner moins d'inclinaison à la toiture.

La tuilerie de Montchanin, qui a si rapidement acquis une importance considérable, fabrique en pâte dure. Tous les produits en terre cuite fabriqués par cette usine sont bien connus du reste des constructeurs. Nous ne reproduirons pas les types de tuiles ou briques de toute sorte. Les figures 85 et 86 donnent le détail des hourdis en terre cuite pour planchers en fer, du système Laporte, que fabrique l'usine de Montchanin.

Les usines de Roumazières (Charente) fabriquent des produits de toute nature en terre cuite, de couleur rouge ou ardoisée, qui semblent de bonne qualité. Il en est de même de la tuilerie mécanique de Leforest (Pas-de-Ca-

1. A. Pargny-sur-Saulx (Marne).

lais), maison Royaux, qui exposait une belle variété de

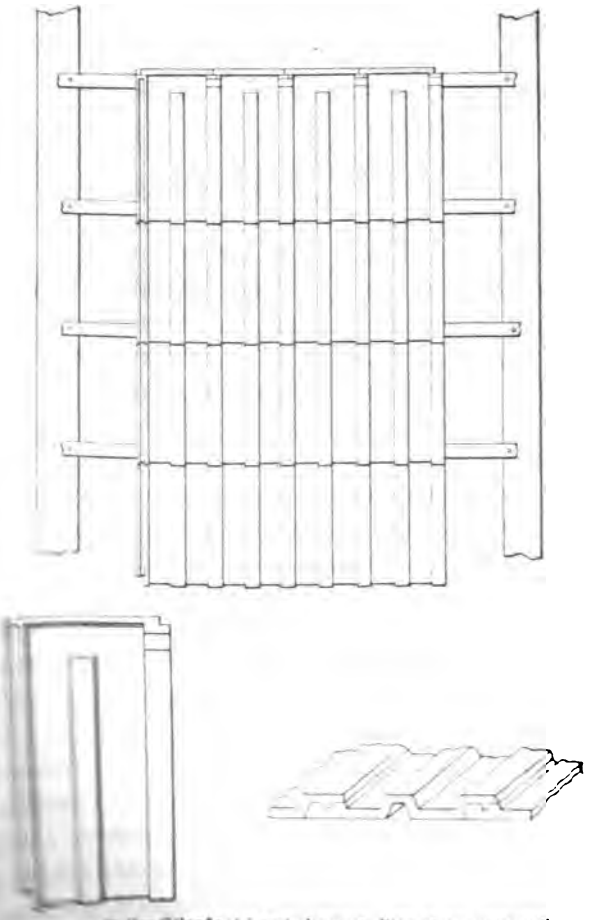
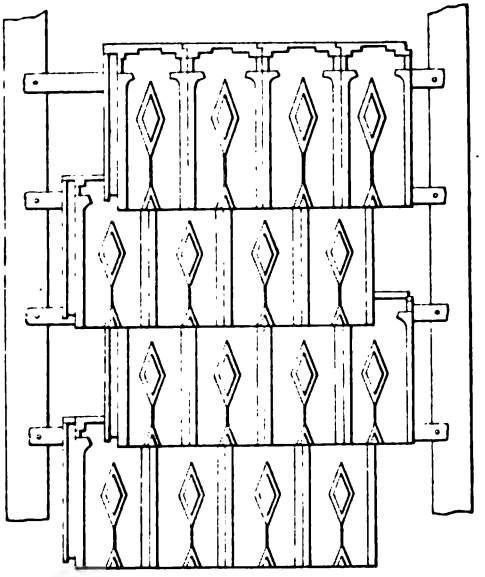


Fig. 86. — Tuiles Gilardoni à emboîtement. Plan et vue perspective.

de tuiles et de poteries diverses ; nous en signa-
lement la couverture incombustible représen-
figure 87.

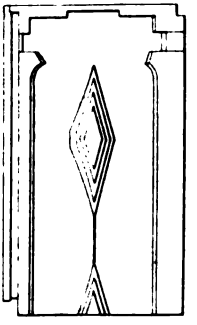
matériaux intéressants présentés par MM. Vin-
nous avons spécialement remarqué une tuile
la p
de Courçon (Charente-Inférieure).

dite *tuile Rochelaise*, d'un modèle simple, légère, très résistante et enfin économique; son poids au mètre carré est



Plan d'ensemble.

Demi-tuile.



Tuile entière.

Fig. 80. — Tuiles Gilardoni à losange.

de 25,6 kg seulement au lieu de 39 à 40 kg que donnent les tuiles mécaniques ordinaires. On trouverait certainement à l'emploi de ce modèle, assez imparfaitement repré-

senté par la figure 88, économie sur la charpente, la main-

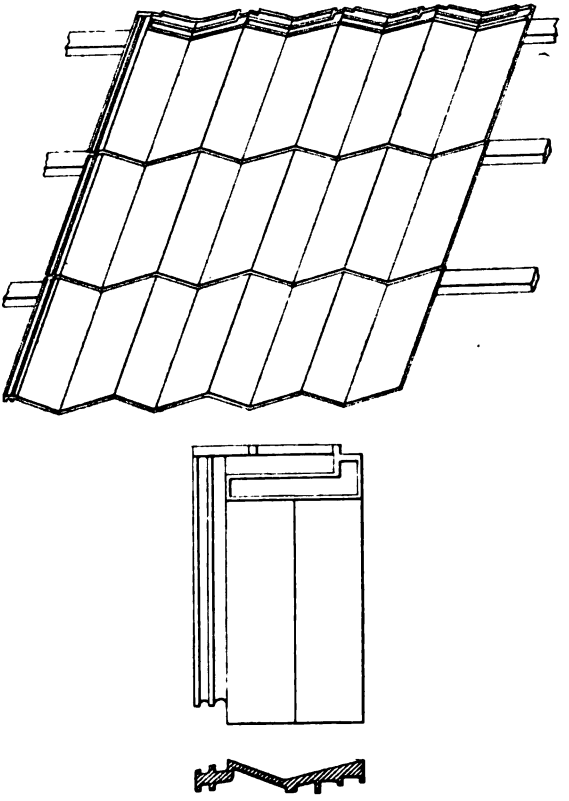


Fig. 81. — Tuiles Gilardoni à emboîtement double dans le sens vertical et triple dans le sens horizontal.

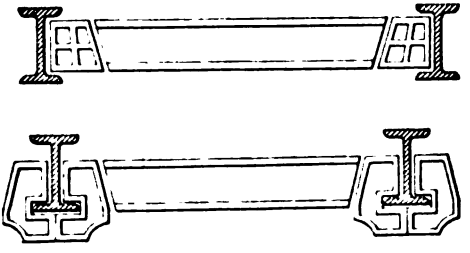


Fig. 82. — Entrevous Gilardoni à sommiers en briques. Coupe.

d'œuvre, le transport et la fourniture, puisqu'à l'usine ces briques coûtent 180 fr le mille et qu'il en faut seulement 8 au mètre carré.

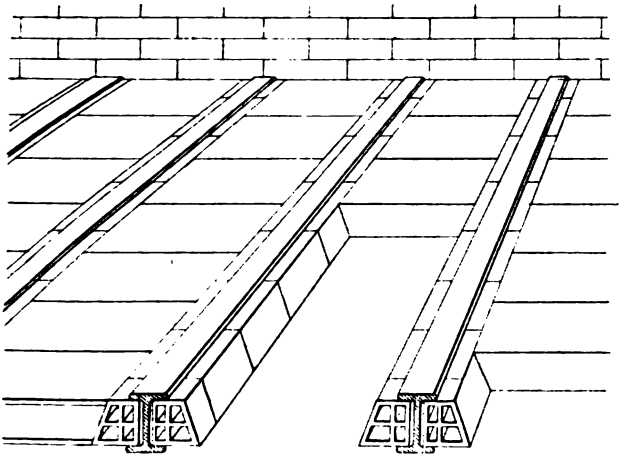


Fig. 83. — Entrevous Gilardoni à sommiers en briques.

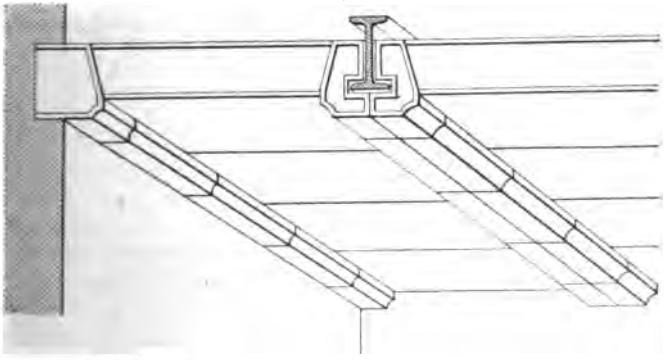


Fig. 84. — Entrevous Gilardoni à sommiers en briques.

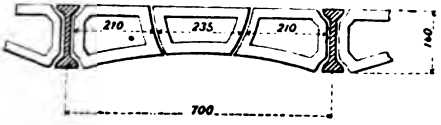


Fig. 85. — Hourdis Laporte. Coupe.

De la maison Sauvard-Martin [1], nous signalerons les

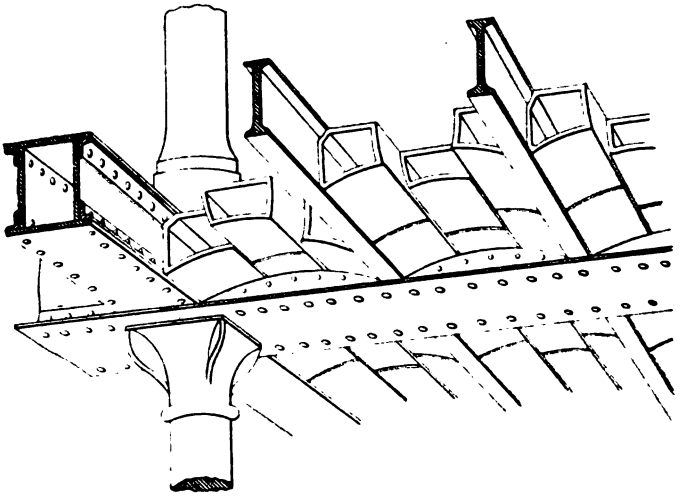


Fig. 86. — Hourdis Laporte. Perspective.

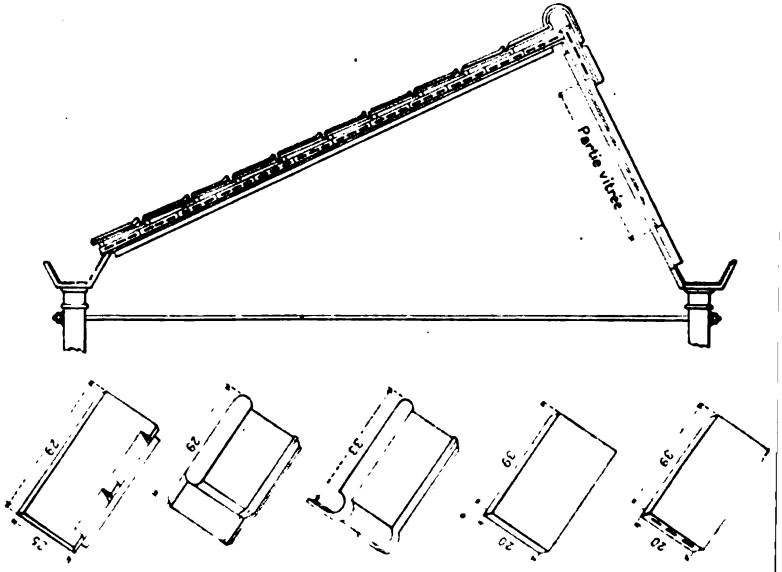


Fig. 87. — Toiture incombustible de Royaux. Coupe et perspective des tuiles.

1. A la Guerche (Cher).

tuyaux assemblés pour égouts et aqueducs en terre cuite

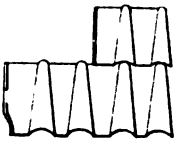
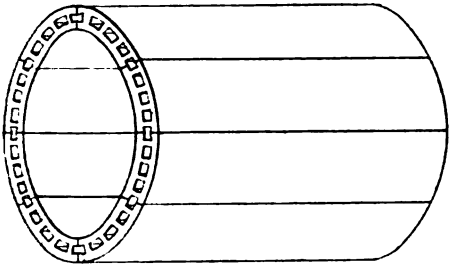
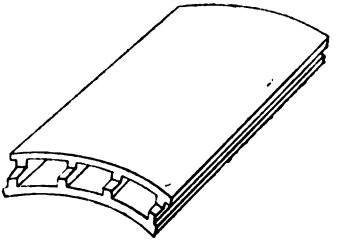


Fig. 88. — Tuiles rochelaise.



Perspective d'un tronçon du tuyau assemblé.



Vue perspective d'un élément du tuyau.

Fig. 89. — Tuyaux assemblés Sauvard-Martin.

(fig. 89), les hourdis à nervure (fig. 90); enfin la brique creuse à ailettes pour hourdis de $0^{m},055$ d'épaisseur (fig. 91).

Briques.— Nous indiquerons comme produits nouveaux les couvertures en briques spéciales et en trois pièces pour

murs de clôture (fig. 92) et des briques à rainures et languettes plates ou courbes pour voûtes très plates et très

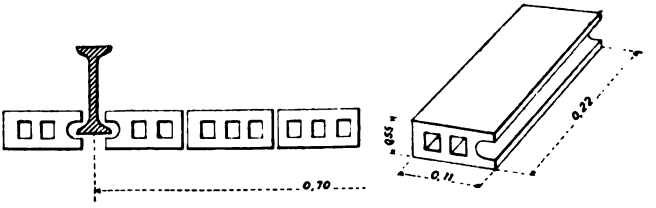


Fig. 90. — Hourdis avec briques creuses à ailettes Sauvard-Martin.

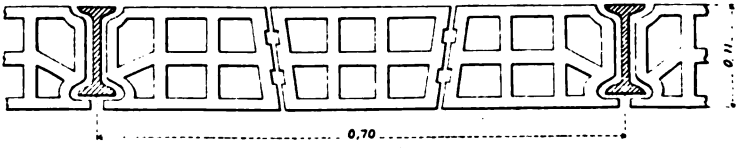


Fig. 91. — Hourdis à nervures Sauvard-Martin. Coupe.

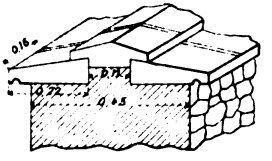


Fig. 92. — Tuiles pour murs de clôture.

légères, entrevous de plancher, cloisons courbes. Ces deux sortes d'objets ont été exposées pour la briqueterie et tuilerie de M. Mouton, à Chartres.

Nous avons déjà mentionné les briques creuses en queue d'aronde, de M. Joachim [1], pour fermeture de caves, cloisons, séparations exposées à l'humidité; par suite de l'enchevêtrement des queues d'aronde, les briques ont entre elles une grande force de liaison.

A propos de l'utilisation de certaines matières encombrantes pour les usines, nous avons parlé de l'emploi qui a été fait par plusieurs industriels des laitiers de hauts-

1. 14, rue Meynadier, à Paris.

fourneaux pour la fabrication de ciments artificiels ; un autre exemple nous en est fourni par la Société des briques et pierres blanches[1]. Les briques et pierres blanches fabriquées par cette Société, dans son usine de Marpent, près Jeumont (Nord), sont faites avec du sable usé des fabriques de glaces. Ce sable a servi au polissage des glaces ; il s'est intimement mélangé du verre qu'il a usé ; il est d'une finesse impalpable. Sous l'action de presses hydrauliques puissantes, ce sable est converti en briques ou matériaux des formes les plus variées qui subissent une cuisson telle que le verre entre en fusion et soude à ce point toutes les molécules entre elles qu'il en résulte une pierre blanche parfaitement homogène, d'une grande ténacité et d'une résistance aux intempéries qui ne laisse rien à désirer. Ces matériaux supportent une charge de 400 kg par cm² ; ils ne sont pas gélifs, résistent à des températures très élevées ; leur densité n'est que de 1,30. Une application importante en a été faite au Palais des machines pour remplir les panneaux des fermes et pour la décoration des soubassements.

Hourdis. — Enfin, parmi les matériaux en terre cuite, l'un de ceux qui nous ont le plus intéressé est le hourdis Perrière[2]. Bien que ce produit ait déjà plusieurs années d'existence, il ne nous semble pas avoir acquis la notoriété qu'il paraît mériter. Nous avons vu déjà que la plupart des briqueteries fournissent des hourdis de planchers en terre cuite ; mais ceux-ci sont en plusieurs pièces. M. Perrière fait les siens en une seule pièce droite ou cintrée. Ce sont de belles briques creuses à cloisons verticales, lorsqu'elles sont en place, d'une épaisseur totale variant de 0,04 m à 0,08 m et de dimensions variant par centimètre de 0,60 m à 0,70 m. Les figures 93 et 94 représentent ce système de hourdis. Les briques posées par le dessus des

1. 164, boulevard Voltaire, à Paris
2. 44, avenue de Suffren, à Paris.

fers à T du plancher reposent par leurs extrémités sur les ailes. Elles sont fixées au plâtre ou au ciment et reliées entre elles par un joint en même matière. Ces briques, parfaitement homogènes, bien droites, faites en très bonne terre, donnent des hourdis parfaits, légers, inso-

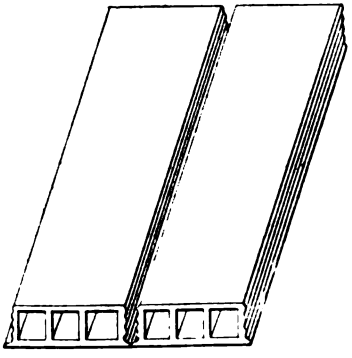


Fig. 93. — Briques creuses Perrière pour hourdis.

nores et d'une très grande résistance. Un hourdis ordinaire en briques et plâtre ou en plâtras pèse 200 kg au m² environ ; le hourdis Perrière ne pèse que 70 kg. Dans des magasins, usines, écuries, etc., le dessous des hourdis Perrière peut rester apparent ; il est très net, très régulier, peut être au besoin jointoyé ou même, si l'on emploie des briques de certaine forme, ne recevoir aucun jointoiement ; aussi bien la surface striée inférieure peut supporter un plafond d'une épaisseur très faible. Le dessous des briques peut même être émaillé en un ou plusieurs tons et contribuer à la décoration. Quant à la partie supérieure, on peut y appliquer un dallage avec béton en ciment ou y placer les lambourdes d'un plancher ordinaire, appuyé soit sur les fers à T, soit sur les briques. Ce système de hourdis nous a paru remarquable à tous les points de vue. Ainsi, par exemple, pour des salles très élevées, la pose des hourdis ordinaires exige des cintres difficiles à placer ; ici, rien de pareil, le hourdis se fait

entièrement par le dessus de la travure. Parmi les curieux détails de construction de la tour Eiffel, on a pu remarquer les planchers du 1er et du 2e étage. On ne pouvait songer à établir là, à de pareilles hauteurs, des cintres pour les hourdis; il fallait, d'autre part, faire vite et solidement, pouvoir poser un hourdis apparent et s'harmonisant avec ce genre de construction. Aucun produit existant ne pouvait mieux répondre à toutes les conditions du problème que le hourdis Perrière dont près de 6 000 m² ont été mis en place à la tour. Nous ne pouvons dans cette étude nous étendre davantage sur cette invention, ni donner, avec plus de détails, les types différents, les modes d'emploi, les nombreuses qualités de ces produits : mais ce que nous venons d'en dire suffirait, nous le pensons, à appeler sur elle l'attention toute spéciale des construc-

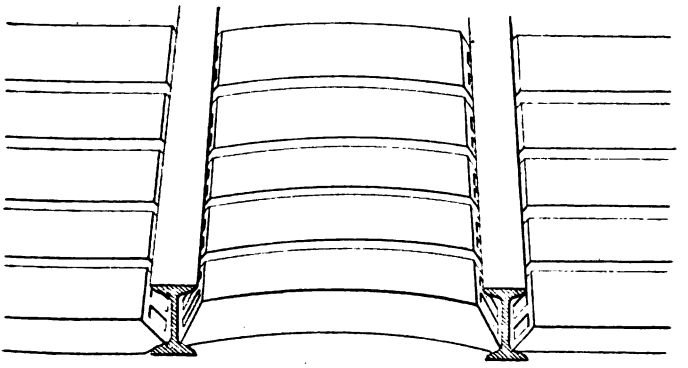


Fig. 91. — Hourdis Perrière. Vue perspective.

teurs. Ajoutons seulement que l'un des membres de la sous-commission en a fait une application importante dans la construction d'une boulangerie. Le plancher du 1er étage, élevé de 7 m au-dessus du sol, devait recevoir un dallage en béton et ciment : le résultat obtenu avec le hourdis Perrière a été très satisfaisant.

MATÉRIAUX EN VERRE.

Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des greniers par la toiture, on emploie généralement des châssis vitrés dont l'ouverture sert, en outre, à l'aération. Si l'on n'a besoin que de lumière, on peut aussi faire usage de tuiles en verre.

Tuiles en verre. — On fabrique aujourd'hui des tuiles en verre, épaisses, très solides et ayant exactement la forme des tuiles employées à la toiture. Ce procédé est

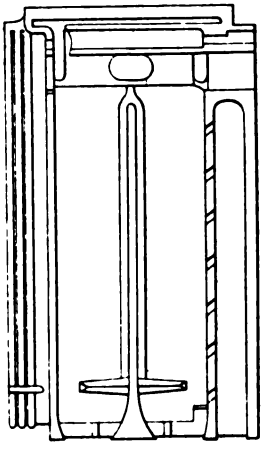


Fig. 95. — Tuile en verre.

évidemment économique, car il n'exige aucune modification ni au chevronnage, ni au lattage ou voligeage ; il est plus sûr aussi, car la couverture reste continue ; il n'y a plus de parties délicates, comme le sont les raccords entre les châssis et la couverture. Dans cette classe d'objets, nous avons principalement remarqué les tuiles en verre exposées par M. Mercier-Fouillot[1] et celles de la *Société des glaces* de Saint-Gobain. Ces maisons fabriquent toutes les

1. A Passavant (Haute-Loire).

tuiles de modèle courant et, sur modèle spécial, des types quelconques. La figure 95 donne un spécimen de tuile en verre. La Société des verreries de Saint-Gobain, en dehors de son exposition des verres et glaces pour vitrages et ornementation, avait réuni dans la Galerie des machines des applications nombreuses du verre à la construction : verres minces coulés, unis, sablés, cannelés, à losange, clairs ou opaques ; des dalles moulées et à reliefs d'une parfaite régularité dans la forme, d'une uniformité complète dans la lucidité. Ces dalles sont d'une grande utilité pour éclairer, par le plancher, des locaux ne pre-

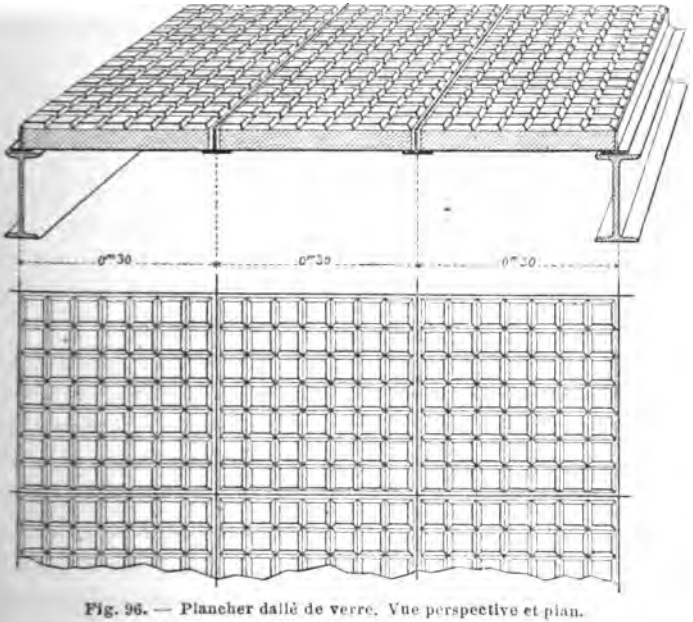
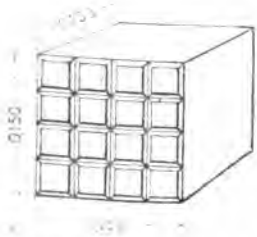


Fig. 96. — Plancher dallé de verre. Vue perspective et plan.

nant pas directement jour sur l'extérieur ou insuffisamment éclairés. L'épaisseur des dalles varie de 20 à 40 mm et le poids de 50 à 200 kg ; pour des planchers d'habitations ordinaires, l'épaisseur de 20 à 30 mm suffit ; pour des magasins, on prendra celle de 30 à 40. La figure 96

[illegible] la disposition à donner à des planchers dallés [illegible] verre. Des dalles brutes coulées de 14 à 35 mm peu[illegible] être employées dans des cas analogues jusqu'à con[illegible]rence du poids de 500 kg par dalle, en comptant [illegible] par mètre carré et par millimètre d'épaisseur. On [illegible] en particulier, l'application qui a été faite de ces [illegible] dans la salle des Pas-Perdus de la gare Saint-La[illegible] l'on a à éclairer des sous-sols sous des passages [illegible] par des voitures, on emploiera les pavés en [illegible] ou quadrillés (fig. 97). Ces pavés se posent sur



[illegible] 97. — Pavé en verre quadrillé. Vue perspective.

[illegible] à simple T et sur mastic de vitrier. Un [illegible] Dans cette même exposition, on a pu re[illegible] applications intéressantes du verre à l'hygiène: [illegible] glaces brutes, plaques de caniveaux, sièges [illegible] urinoirs, éviers, lavabos, en verre uni sur les [illegible], parfaitement inaltérable. Enfin on a pu [illegible] modèle original de plaque de verre demi-[illegible] urinoir isolé dans un angle. Ces plaques [illegible] être disposées l'une à côté de l'autre [illegible] former une série d'urinoirs isolés, sans [illegible] les parties destinées à être mouillées.

[illegible] *dont l'emploi peut être utile au point* [illegible] — Puisque nous sommes rentrés dans [illegible] hygiène et bien que cette question ait été [illegible] aussi complètement que possible

1. A [illegible]

dans une autre partie du Rapport sur l'Exposition, nous examinerons encore quelques-uns des principaux produits exposés dans cette branche de l'industrie. Nous venons de voir que le verre pouvait fournir des matériaux de toute nature pour cet objet, nous avions déjà dit plus haut, page 20, que par le procédé Vallin on arrivait à durcir suffisamment la surface d'un enduit en plâtre pour lui permettre de subir, sans aucune altération, des lavages fréquents à l'eau froide, chaude, ou phéniquée; voyons maintenant le parti qu'on peut tirer de la lave pour des revêtements ou des appareils hygiéniques. A ce sujet, nous signalerons la belle exposition de M. Gillet[1], qui nous a fourni d'utiles renseignements.

Lave. — La lave, produit des éruptions volcaniques, est presque entièrement composée de silice et d'alumine combinées par vitrification; on la rencontre en France et principalement en Auvergne. Extraite par blocs des coulées, elle est ensuite sciée et débitée en dalles de toute épaisseur. Ces dalles peuvent être recouvertes d'un émail particulier qui se fixe sur elles, à la température de 1 000°, d'une façon absolument stable et qui possède une résistance absolue à tous les agents atmosphériques et chimiques. De pareilles dalles peuvent être utilisées pour tous revêtements de murs dans des latrines, urinoirs, salles de bains et lavabos. La lave a, sur l'ardoise, cette supériorité qu'elle peut recevoir l'émail à une température très élevée, tandis que l'ardoise ne pouvant supporter l'action du feu, l'émail qu'on y applique ne présente aucune solidité.

Les dalles ne sont pas les seuls objets qu'on a pu fabriquer avec la lave; après de nombreuses recherches, on est arrivé par la pulvérisation et la cuisson à une température de 1 200°, point de fusion de la lave, sous laquelle elle ne subit aucune modification dans sa composition, à

1. Rue Fénelon, 9, à Paris.

obtenir des effets de sculpture, étampage et moulage par pression et, par suite, à fabriquer des éviers, caniveaux, carreaux de petites dimensions, des objets d'ornement, etc. Ce nouveau produit est ce qu'on a appelé la *lave reconstituée*. Ces renseignements nous ont été fournis par M. Gillet qui a fait des applications aussi nombreuses que variées de la lave émaillée pour la décoration architecturale, l'hygiène, l'installation de laboratoires, pour des plaques indicatrices de toute nature, etc.

Pierre fluatée. — Dans un autre ordre d'idées et en ce qui concerne le durcissement et la conservation des matériaux de construction, nous ne pouvons omettre de signaler l'exposition faite par MM. Faure et Kessler, ingénieurs chimistes [1], des procédés et résultats du durcissement de la pierre opéré par leur méthode. Tandis que M. Vallin offre un procédé certain de durcir le plâtre, ces exposants en offrent un qui s'applique à la pierre. La silicatisation de la pierre a été longtemps le seul moyen qu'on eût de la durcir, mais l'expérience a prouvé que le durcissement n'était que très momentané ; sous l'action des intempéries, de l'humidité absorbée par capillarité par la pierre, cette couverte de silicate s'écaillait, la surface se tachait, enfin la pierre s'effritait et se désagrégeait aussi bien qu'avant l'opération. Le procédé Faure-Kessler ne consiste pas à recouvrir la pierre d'un enduit plus ou moins protecteur, mais à lui incorporer, sur une épaisseur très faible, une matière durcissante stable, fixe ; les matières qu'emploient dans ce but ces industriels sont des fluosilicates solubles de leur invention ; les pores de la pierre ne sont pas bouchés ; elles continuent à respirer, elles absorbent ou dégagent l'eau ; mais elles ne sont pas gélives, elles résistent à toutes les intempéries, elles peuvent être nettoyées par des lavages abondants et fréquents

1 A Clermont-Ferrand.

sans que la surface cesse d'être dure. La fluatation peut se pratiquer, soit comme un badigeonnage ordinaire, au pinceau, soit, de préférence, par la méthode employée par M. Vallin pour le durcissement du plâtre, au moyen de pulvérisateurs qui procurent une sensible économie de matière et donnent de meilleurs résultats. La fluatation permet d'obtenir avec des pierres tendres des durées aussi grandes que si l'on eût employé des pierres beaucoup plus dures et plus résistantes. Dans certains cas, on peut ainsi réaliser une économie réelle. Les frais de la taille moulurée, très élevés en pierre dure, peuvent être réduits si l'on emploie de la pierre tendre plus facile à tailler et sur laquelle les moulures les plus fines se conservent indéfiniment après fluatation.

Émailline. — Pour la protection des murs contre l'humidité nous avons trouvé un produit présenté par M. Bayard, à Carcassonne. Ce composé, à base de caoutchouc, forme instantanément un corps aussi dur que l'émail et a reçu, de son inventeur, le nom « d'émailline » ; sous forme d'enduit, il est très adhérent aux bois, fer, plâtre, pierre, chaux et ciment ; il est absolument imperméable : aucune vapeur d'eau extérieure ne peut pénétrer dans les murs recouverts d'émailline et y produire des effets de moisissure. Ce produit est assez cher, puisque le kilogramme coûte 3 fr et ne couvre que 4 m² en deux couches, mais dans certains locaux particuliers tels que latrines, urinoirs, salles de bains, son emploi pourrait être avantageux.

Peintures. — Parmi les peintures spéciales capables de résister aux lavages, aux gaz sulfureux, applicables sur ciment et sur tous matériaux et de grande durée, nous citerons d'abord « la prismatique » de la Compagnie des peintures chimiques[1], ensuite la *peinture vernissée* de la

1. Boulevard Magenta, 35, à Paris.

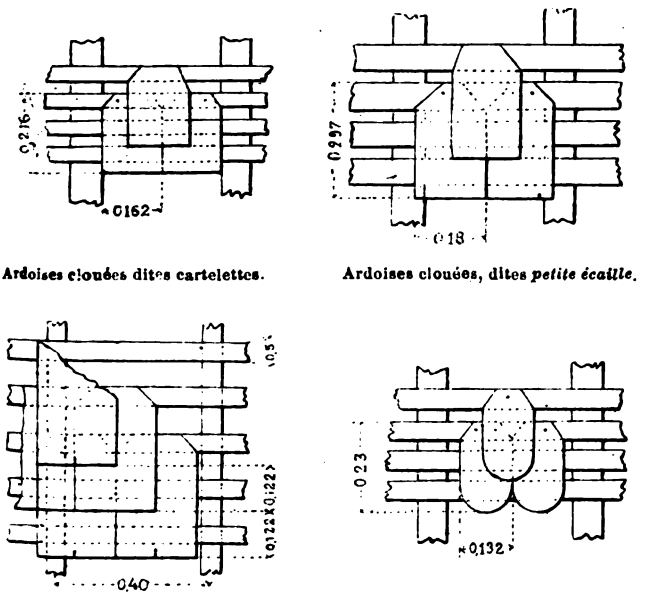
[illegible] et vernis[1]. Nous parlerons plus spé-
[illegible] seconde de ces peintures dont nous avons
[illegible] qualités d'une façon plus complète. La pein-
[illegible] se pose sur de la peinture ordinaire, son
[illegible] elle donne aux surfaces qu'elle recouvre
[illegible] et de la porcelaine, sèche très vite et
[illegible] elle peut subir sans détérioration tous
[illegible] froide ou chaude, à l'eau alcaline ou phé-
[illegible] peinture offre une particularité intéressante,
[illegible] les travaux de décoration, on peut faire
[illegible] seule venue sans que les tons se mélan-
[illegible] minutes le peintre peut faire, son fond
[illegible] du marbre le plus complexe de cou-
[illegible] Ces peintures semblent appelées à jouer
[illegible] suite de la facilité et de l'économie
[illegible] procurent ; elles peuvent remplacer le
[illegible] paraît être indiqué partout où il est né-
[illegible] l'impénétrabilité des murs ou plafonds
[illegible] des et où des lavages fréquents s'im-
[illegible] l'hygiène. La peinture vernissée a été
[illegible] pour la peinture de la tour Eiffel.

ARDOISES.

[illegible] fréquemment employés pour re-
[illegible] les rendre imperméables, nous cite-
[illegible] en plaques épaisses et de grandes
[illegible] des grandes ardoisières de France
[illegible] abondamment pourvue ; les couleurs
[illegible] variées des ardoises de couverture
[illegible] dans cette pierre montraient com-
[illegible] carrières a fait de progrès et quel
[illegible] ces matériaux. En premier lieu,
[illegible] mission des ardoisières d'Angers;
[illegible] ardoisières de la Forêt, à Combrée

1. A Clermon[illegible] Paris.

(Maine-et-Loire); la commission des ardoisières de Renazé (Mayenne); la Société des ardoisières de Baccarat, à Fumay (Ardennes), etc. On ne pouvait évidemment pas trouver quelque chose de bien nouveau dans ce genre d'exposition en ce qui concerne les couvertures; mais c'est surtout par les applications dans les arts, l'industrie et l'hygiène, que l'emploi de l'ardoise a fait depuis quelques années de très sensibles progrès. Nous citerons seulement quelques-unes de ces applications : urinoirs,



Ardoises clouées dites cartelettes. Ardoises clouées, dites *petite écaille*.

Ardoises posées sur crochets. Ardoises clouées grandes-moyennes.

Fig. 98. — Types divers de couvertures en ardoises.

sièges d'aisances, revêtements hydrofuges, éviers, marches d'escalier, carrelages, appuis de croisées, tampons et chaînes de fosses, mangeoires, etc., cuves à eau, cuves pour accumulateurs, pièces isolantes pour électricité, etc., etc.

Il ne paraît pas inutile d'indiquer, sommairement au moins, quelques-unes des qualités de l'ardoise; nous

prendrons pour type l'ardoise d'Angers, sans qu'il entre dans notre intention d'exclure *à priori* aucune des autres ardoises de France; mais simplement parce que c'est sur cette carrière que nous avons recueilli le plus de renseignements. L'ardoise est un silicate inattaquable aux alcalis et même aux acides, dont la composition chimique comporte de la silice (48,60), de l'alumine (23,50), de l'oxyde de fer (11,30), de la magnésie (1,60), de la potasse (4,70), et enfin de l'eau (7,60). L'ardoise est résistante à la rupture et à l'écrasement; elle peut supporter une charge de 1 200 kg par cm². Sa densité est très élevée : 2,9; elle est très peu poreuse, et l'expérience l'a prouvé, puisqu'on a pu faire en ardoise des cuves pour

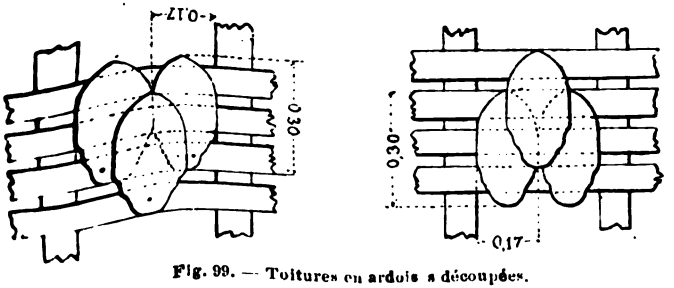


Fig. 99. — Toitures en ardoise découpées.

tous liquides : eau, alcalis ou acides. Enfin, ce schiste se rabote, se tourne et se perce avec facilité. La couleur sombre de l'ardoise en rendait difficile l'application à la décoration et à l'ameublement; en la recouvrant d'un enduit passé au four on a tourné la difficulté. Ce procédé a trouvé son application dans l'assainissement sous les formes diverses citées plus haut. L'ardoise a enfin la propriété de recevoir et de retenir la peinture à l'huile ou à l'essence; aussi a-t-on pu l'employer utilement au lambrissage et aux revêtements de vestibules, salles de bains et lavabos.

Employée aux couvertures, l'ardoise présente les avantages suivants : grande solidité et durée très longue; as-

pect agréable, facilité de s'accommoder à toutes formes et accessoires de toits, à toutes dispositions de comble ; l'ardoise est insensible aux agents atmosphériques, ne s'imbibe pas d'eau, protège et conserve parfaitement la charpente; elle est incombustible; la grêle et la pluie n'y occasionnent aucun bruit; par son mode d'emploi, ni la pluie, ni surtout la neige ne peuvent pénétrer dans les combles; le poids du mètre superficiel de couverture en ardoise ne dépasse pas 25 kg en comptant un pureau du tiers. Si l'on emploie des agrafes pour les fixer au voligeage,

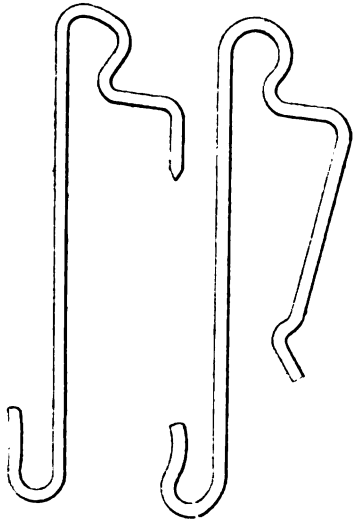


Fig. 100. — Crochets à ardoises, modèle Célier.

la couverture se trouve à l'abri des plus grands ouragans.

La figure 98 montre entre autres un système de couverture en ardoises avec crochets.

La forme donnée aux ardoises est des plus variables et permet d'obtenir des effets nombreux. Les figures 98 et 99 indiquent quelques-unes de ces formes, en même temps qu'elles donnent les détails de la pose. Nous avons représenté dans la figure 100 la forme des crochets à ardoises;

le type indiqué est fabriqué par M. Célier[1]. Plusieurs autres fabricants avaient exposé des crochets pour couvertures : les divers modèles ne diffèrent d'ailleurs que par de légères modifications dans la forme.

ZINC.

Parmi les matériaux employés aux couvertures, le zinc occupe une place des plus importantes ; depuis quelques années on a également employé le zinc à un très grand nombre d'usages dont la Société des zincs de la Vieille-Montagne, dans sa belle exposition, a montré la variété et en même temps l'importance, et ce n'est pas seulement [illegible] le zinc brut que ce métal rend de grands services. [illegible] arrivé à produire un zinc presque chimiquement [illegible] employé dans la fabrication du laiton à cartouches ; [illegible] ordinaire ou cuivre jaune, dont les applications [illegible] nombreuses, renferme de 30 à 50 p. 100 de zinc [illegible] zinc brut de qualité toute spéciale a pris le nom [illegible] et a donné naissance au « bronze imitation » [illegible] parisienne a tiré un grand parti pour la [illegible] beaux objets d'art. Depuis plusieurs an- [illegible] s'est répandu de recouvrir les tôles et les fils [illegible] légère couche de zinc pour en retarder l'oxy- [illegible] augmenter la durée. Enfin, le zinc brut entre [illegible] de nombreux alliages utilisés spécia- [illegible] orfèvrerie ; tels sont : le métal blanc, le mé- [illegible] le, le bronze de Berlin, etc.

[illegible] importantes applications du zinc sont sur- [illegible] forme de zinc laminé : aux toitures, sous [illegible] d'ardoises, au doublage des navires, [illegible] des chaudières par l'effet d'un courant [illegible] lit entre le zinc et le fer, à la fabri- [illegible] ampés, des ustensiles et objets de mé- [illegible] mines au moyen de tuyaux légers,

[illegible]

[illegible]

économiques, durables; à l'emballage sous forme de feuilles de très mince épaisseur; à la zincographie : on sait que la carte de l'État-major, faite primitivement en gravure sur cuivre, a été reproduite à l'aide de plaques de zinc spécialement planées et préparées par la Vieille-Montagne; au satinage des papiers; au criblage et tamisage de céréales, de minerais, etc.; à la fabrication de fils de zinc obtenus par le tréfilage de baguettes découpées dans des feuilles : ces fils se recommandent surtout dans les cas où l'effort à subir est accessoire, par exemple, pour grillages, clôtures, treillis, ligatures, etc.; enfin, le zinc entre comme l'un des éléments dans la plupart des piles électriques.

Après avoir énuméré les propriétés physiques de ce métal remarquable, nous indiquerons encore une de ses applications les plus intéressantes.

Le zinc est un métal blanc bleuâtre, à texture lamelleuse; il se gerce sous le marteau; chauffé à plus de 100°, il devient malléable et ductile; à 200°, il est cassant; à 374°, il fond; au rouge-blanc, il se réduit en vapeurs.

Le zinc est moins mou que le plomb et l'étain, et moins dur que le fer ou le cuivre. Sa densité est de 6,86 fondu, de 7,20 laminé. Son coefficient de dilatation linéaire de 0 à 100° est de 0,0030 environ. Exposé à l'air extérieur, il se recouvre d'une couche d'oxyde noirâtre, espèce de rouille qui le protège ensuite contre les influences atmosphériques.

On vient de voir que lorsqu'il est chauffé au rouge-blanc, le zinc se réduit en vapeurs; ces vapeurs, au contact de l'air, s'oxydent et donnent naissance à une matière blanche et impalpable, qui porte le nom de *blanc de zinc*, d'une blancheur inattaquable, inaltérable à l'air.

L'une des plus heureuses applications du zinc a été précisément l'emploi de ce blanc de zinc pour la peinture au lieu et place du blanc de plomb ou céruse, si dangereux pour les ouvriers qui le manient et même pour les per-

sonnes qui habitent des locaux peints avec ce produit. Le blanc de zinc, fabriqué par la Vieille-Montagne avec des zincs spéciaux, et en brûlant ce métal en vase hermétiquement clos, à l'abri des fumées du foyer, a un éclat, une pureté, une finesse et une onctuosité qu'on ne rencontre jamais aussi parfaite dans la céruse. Deux produits accessoires ont encore été tirés du blanc de zinc: l'un fabriqué avec les déchets de la première opération et appelé *gris-pierre,* qui, mélangé avec l'oxychlorure de zinc, donne le ciment métallique employé à la restauration des pierres; l'autre produit est un « oxyde pierreux » qui, mélangé à du silicate de potasse liquide, constitue une peinture incombustible appelée *peinture silicatée.*

On ne saurait trop insister sur la nécessité absolue d'exiger des peintres l'emploi du blanc de zinc, qui, seul, peut donner une peinture absolument inoffensive, inaltérable en présence des émanations sulfureuses ou ammoniacales.

Les oxydes de zinc sont aussi employés dans une foule d'industries pour des applications dont l'énumération complète serait trop longue; citons seulement les suivantes: fabrication du caoutchouc, du carton-pierre, des émaux, des pains à cacheter, des allumettes, des toiles cirées, etc., etc.

Le pavillon dans lequel la Société de la Vieille-Montagne exposait ses produits était lui-même un spécimen très heureusement combiné des applications du zinc laminé et des peintures à base de zinc. La toiture, entièrement en zinc, était faite en lames sur la partie supérieure, en écailles et en ardoises sur le brisis avec lucarnes et balustrades métalliques peintes en couleur pierre avec la peinture silicatée. La façade représentait une construction en pierres blanches, où toutes les parties architecturales et le revêtement étaient en zinc peint à l'oxyde pierreux. Ces applications diverses avaient pour but de montrer qu'avec le zinc on peut, soit imiter totalement la

construction en pierre au moyen du métal seul, soit utiliser celui-ci à revêtir des constructions exposées aux vents humides sans en altérer l'aspect architectural.

A l'intérieur, toute la décoration était composée des diverses applications du zinc sous des formes variées. Ainsi les lambris étaient entièrement en zinc : plinthes, appuis ou panneaux ; le tout peint au silicate en divers tons de bois. Le plafond était entièrement formé de plaques de zinc peintes en blanc de plafond ou en couleur bois, ou ornés de dessins variés. Les parois verticales étaient ornées de peintures sur toile, au blanc de zinc, entourées de cadres en zinc imitant la porcelaine, ou de panneaux en zinc peints en imitation de marbre. Enfin, les parois verticales et les plafonds étaient divisés en compartiments, au moyen de pilastres pour les uns, de fausses poutres pour les autres ; le tout en zinc peint en imitation de bois. L'effet général était très heureux, et l'on se rendait compte aisément du côté pratique de toutes les applications.

Couvertures en zinc. — Ainsi que nous l'avons dit, la plus grande quantité du zinc laminé fabriqué est destinée aux couvertures. Autrefois on soudait les feuilles de zinc les unes aux autres en tous sens; mais elles se déchiraient bientôt par suite de la dilatation ou du retrait du zinc. Il est de règle aujourd'hui de poser le zinc sur voligeage en *bois blanc* (en présence du chêne, le zinc se corrode assez rapidement), sans soudure, sauf pour de petites pièces pour lesquelles cela est sans inconvénient. Le zinc est posé à dilatation libre. Les couvertures se font soit en feuilles planes, soit en zinc ondulé, cannelé ou à nervures, soit en ardoises ou écailles de zinc, etc. Nous ne saurions, sans nous étendre d'une façon exagérée, passer en revue, avec tous les détails nécessaires, les divers modes d'emploi du zinc pour couverture et décrire les procédés ingénieux auxquels on a recours pour relier ensemble les différents éléments de la couverture, sur charpente en bois

ou en fer, avec ou sans voligeage jointif. Il faudrait en effet un volume entier pour décrire et justifier tous les procédés. Nous ne pouvons mieux faire, d'ailleurs, que de renvoyer aux brochures spéciales et aux imprimés divers contenant tous renseignements complets sur la fabrication, les divers usages, la description détaillée des systèmes de

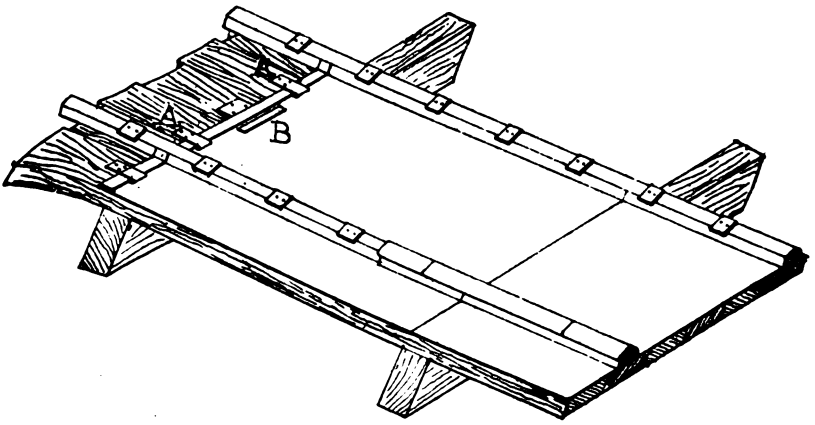


Fig. 101. — Toiture à tasseaux de la Vieille-Montagne. Vue perspective montrant les pattes d'accrochage et les plaques de fixation des couvre-joints.

toitures publiés par la Société de la Vieille-Montagne.

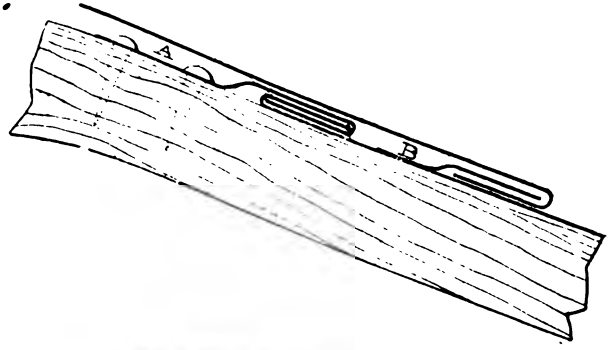


Fig. 102. — Coupe du voligeage et de la couverture.

A, patte d'accrochage de la feuille inférieure ; B, patte d'accrochage de la feuille supérieure.

Les figures 101, 102 et 103 sont tirées d'une de ces brochures.

M. Duprat[1] exposait un modèle de tuiles en zinc, de forme rectangulaire. Les figures 104 et 105, qui représentent ces tuiles, montrent comment elles s'assemblent entre elles; la pose en est très facile, l'étanchéité est complète; le poids au mètre carré est de 5 kg environ;

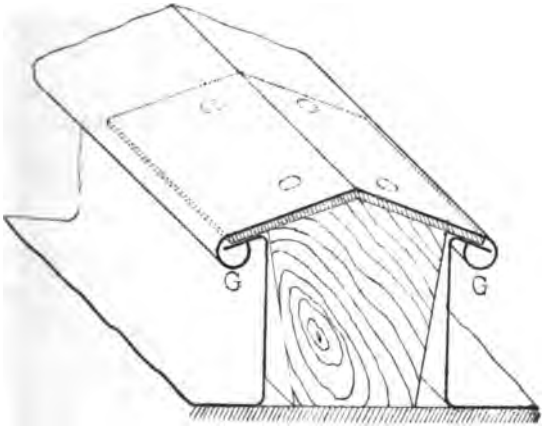


Fig. 103. — Mode d'accrochage des couvre-joints G au moyen de plaques fixées sur les tasseaux.

seulement le chevronnage et le voligeage peuvent être plus légers que lorsqu'ils sont destinés à recevoir des tuiles ordinaires ou des ardoises. Le zinc employé pour ces tuiles est le n° 10 de 0,5 mm d'épaisseur. L'emploi des tuiles en zinc peut présenter sur celui du zinc en feuilles les avantages suivants: les effets de dilatation sont considérablement réduits; les tuiles étant reliées entre elles par de nombreux points d'attache, il en résulte une très grande résistance; enfin, le prix de revient est moindre, puisque la pose est beaucoup plus rapide, que les tasseaux, pattes d'agrafes, couvre-joints sont sup-

1. 23, faubourg Saint-Denis, à Paris.

primés; puisque enfin le voligeage n'a pas besoin d'é

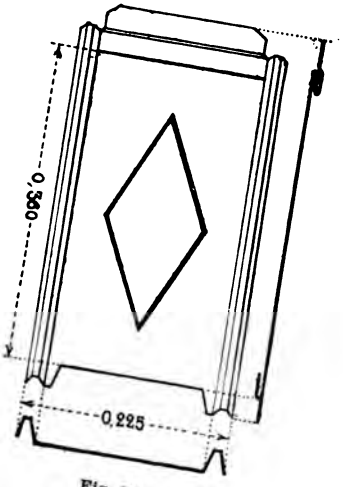
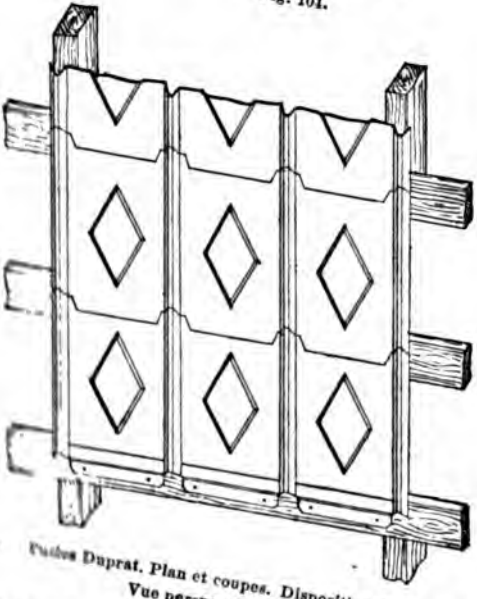


Fig. 104.



Tuiles Duprat. Plan et coupes. Disposition d'ensemble. Vue perspective.

On compare ces tuiles aux matériaux ordinaires

de couvertures, on constate qu'il y a économie sensible sur la charpente ; que l'étanchéité paraît mieux assurée ; que la pente peut être rendue plus faible, ce qui procure encore une réduction dans la dépense ; enfin, en cas de non-réemploi, les tuiles métalliques, même détériorées, conservent encore une certaine valeur marchande, celle du métal, alors que les tuiles ou ardoises n'en ont plus aucune dans les mêmes circonstances.

ACCESSOIRES DES COUVERTURES.

Chéneaux. — L'écoulement des eaux pluviales est généralement assuré par des chéneaux en zinc ou en plomb. Les

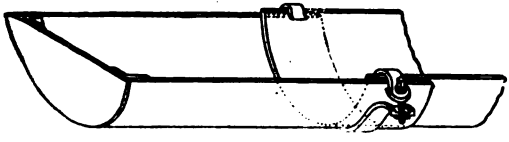


Fig. 106. — Chéneau système Hardy.

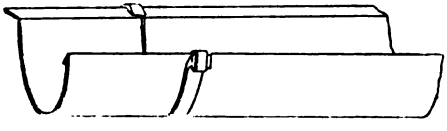


Fig. 107. — Chéneau système Bigot-Renaux.

Fig. 108. — Chéneaux Bigot-Renaux. Coupe longitudinale.
***c*, boudin de caoutchouc.**

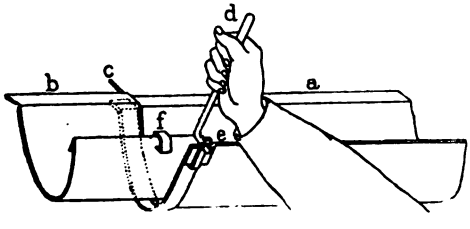
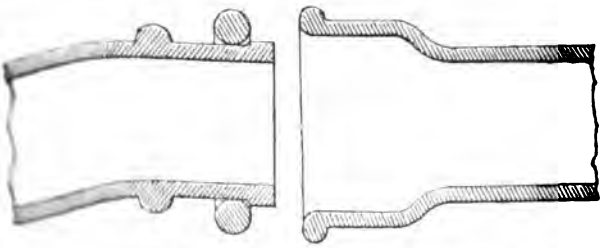
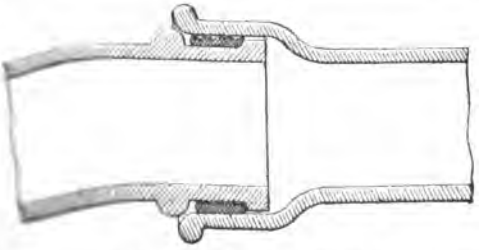


Fig. 109. — Mise en place du joint.
***a*, *b*, éléments de chéneau ; *d*, levier coudé ; *c*, boudin de caoutchouc ; *e*, griffe de montage ; *f*, griffe d'assemblage.**

Chéneaux en zinc sont d'une pose délicate; ils exigent une pente assez forte; par suite des changements de température, il se produit rapidement des bosses et des creux qui gênent l'écoulement des eaux; enfin, ils n'ont qu'une durée relativement courte. Les chéneaux en plomb sont beaucoup plus durables et plus stables; mais ils ont l'inconvénient de coûter assez cher. Depuis quelques années, l'industrie fournit des chéneaux en fonte dont les réelles qualités de solidité, d'inaltérabilité, d'étanchéité ont con-



Tuyaux avant l'assemblage. Le bout mâle est recouvert d'un boudin en caoutchouc.



Tuyaux assemblés. Le boudin est comprimé dans le joint.
Fig. 30 bis. — Tuyaux Bigot-Renaux. Coupe longitudinale.

[illegible] prendre l'emploi. Cet important accessoire [illegible] était figuré à l'Exposition par deux maisons [illegible] Hardy[1] et Bigot-Renaux[2]. M. Duprat, déjà [illegible] usines en zinc, exposait également des chéneaux [illegible] gouttières en tôle d'acier.

[1] [illegible], à Paris.
[2] [illegible] Bigot, à Paris.

Les chéneaux exposés par les deux premiers industriels se composent de bouts en fonte de dimensions et formes variées suivant leur destination. En principe, ces bouts sont superposés sur une certaine longueur, un cordon en caoutchouc est interposé entre les deux parties se recouvrant, un serre-joint métallique comprime fortement le caoutchouc, l'écrase, et assure ainsi l'étanchéité du joint. Les figures 106 pour la maison Hardy, 107 et 108 pour la maison Bigot-Renaux, font voir la disposition du joint. Le grand nombre des applications faites de ce genre de chéneau, depuis une dizaine d'années, suffirait à prouver l'importance du système. En particulier, la maison Bigot-Renaux a fourni pour les établissements militaires une quantité considérable de chéneaux de toutes formes et de toutes dimensions. Cette même maison fabrique des tuyaux en fonte éprouvés à 10 atmosphères avec joints fermés par une rondelle de caoutchouc. Le joint est représenté figure 109 *bis*.

Joints en caoutchouc. — La maison Hardy présentait, en outre, des chéneaux en fonte, une ingénieuse application du joint en caoutchouc aux couvertures en feuilles de zinc et aux vitrages. Un couvre-joint en fer est fixé au moyen de vis, soit sur le voligeage pour les couvertures en zinc ou sur le petit bois en fer pour les vitrages. Lorsque la vis est serrée, deux cordons de caoutchouc interposés

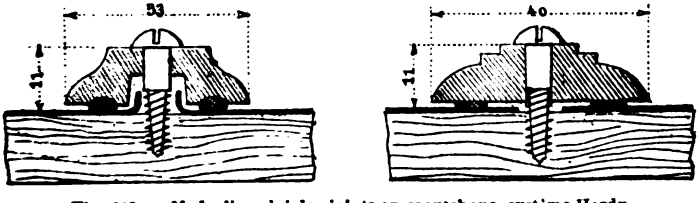


Fig. 110. — Mode d'emploi des joints en caoutchouc, système Hardy.

entre le zinc et le couvre-joint ou entre les carreaux de vitre et le couvre-joint se trouvent fortement comprimés et forment des joints absolument étanches. La figure 110

montre l'application de ce nouveau joint aux couvertures en zinc. Le cordon en caoutchouc a 5 mm de diamètre, on place la vis à bois par mètre courant de couvre-joint. Pour les vitrages, le couvre-joint est représenté par la figure 111, les cordons en caoutchouc ont 3,5 mm

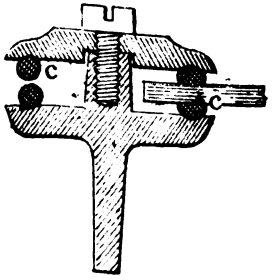


Fig. 111. — Joint système Hardy, pour vitrages. *c*, cordons de caoutchouc.

de diamètre, 4 vis en cuivre à tête carrée sont placées par mètre courant de petit bois. Ce procédé supprime le mastic et les clous de vitrier, il laisse au verre toute son élasticité et, dans tous les cas, couverture ou vitrage, la libre dilatation est conservée en même temps que l'étanchéité est assurée, et les remplacements facilités. Ce modèle de joint paraît pouvoir être employé avantageusement pour des serres, cours vitrées, marquises, etc., où le verre est employé en grandes lames avec joints faits suivant la longueur des lames ; car, dans ce cas, l'eau ne séjournant pas contre le caoutchouc n'amènera pas sa détérioration : ce qui pourrait se produire par l'emploi des couvre-joints métalliques dans le sens horizontal.

COUVERTURES ÉCONOMIQUES.

Pour en finir avec les matériaux destinés à la couverture des bâtiments, il nous reste à dire un mot de certains matériaux légers et économiques. Ces produits sont bien connus et d'un usage très répandu pour les construc-

tions peu importantes : ce sont les cartons bitumés. Deux maisons principales avaient exposé.

Carton-cuir. — La maison Desfeux[1] fabrique le « carton-

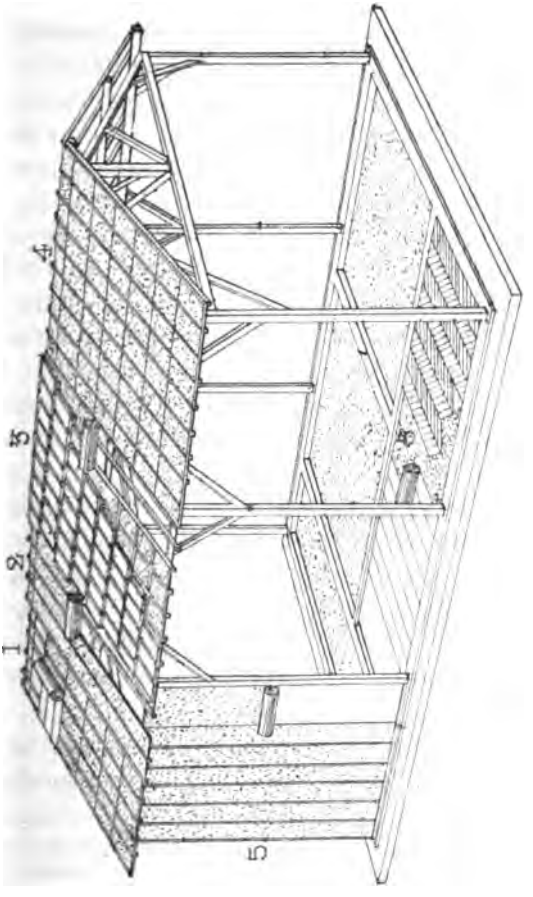


Fig. 112. — Application des cartons-cuirs.

1, pose sur voliges; 2, pose sur chevrons; 3, pose pour recevoir des tuiles; 4, couverture achevée en carton-cuir; 5, pose sur cloison en planches; 6, pose sous parquets.

cuir » dont la résistance et la durée sont très grandes. Son poids est de 3 kg au mètre carré. On sait que la pose de ces bandes est très facile et que leur emploi permet une

1, 40, rue Meslay, à Paris.

économie notable sur tous les autres genres de couverture, quant aux charpentes. Les bandes sont posées à plat, avec un recouvrement de 7 à 8 cm et fixées, au moyen de lattes clouées, sur le joint. On les pose soit parallèlement, soit perpendiculairement au faîtage. Dans le cas où les bandes sont parallèles au faîtage, on commence la couverture par le bas ; le recouvrement des bandes est de 10 cm, la partie d'une bande destinée à être recouverte est fixée par des clous à ardoise. Le faîtage est constitué par une bande à cheval recouvrant de 10 cm les deux bandes supérieures. Enfin, on fixe la couverture de haut en bas par des lattes en sapin de 2 cm de largeur sur 5 mm d'épaisseur, placées normalement aux bandes, et clouées tous les 15 cm par des pointes longues. Tous les bords de toiture reçoivent également une latte clouée. Lorsque le carton-cuir est posé, on le recouvre d'une couche de goudron bouillant, qu'on saupoudre de sable quand il est encore chaud. Une couverture établie de cette manière peut avoir une durée de dix années.

On peut utiliser les cartons-cuirs, comme tous les produits similaires, pour revêtir extérieurement des murs exposés à la pluie ou sous des toitures en tuiles, pour empêcher toute infiltration d'eau ou de neige; enfin, comme isolateur dans les endroits salpêtrés. La figure 112 indique diverses applications des cartons-cuirs.

Chanvre bituminé. — Le chanvre bituminé, fabriqué par la maison Pelletier[1], s'emploie de la même façon et pour les mêmes usages que le carton-cuir.

En moyenne, le prix d'achat du mètre carré de ces matériaux est d'environ 1 fr.

On sait combien il est difficile d'obtenir des terrasses solides, résistantes et surtout parfaitement étanches ; nous

1. 147, boulevard Sérurier, à Paris.

avons indiqué le procédé de M. Caillette pour terrasses en ciment; mais, si le résultat en est très probablement bon, il est incontestable que le poids de ces terrasses est encore très lourd et exige des travures fort solides. Peut-être pourrait-on trouver une solution économique dans l'emploi de feutres, cartons bitumés, cartons-cuirs minces et souples, posés sur plusieurs épaisseurs à joints bien recouverts et avec l'interposition, entre les épaisseurs, de goudron liquide qui le relie de façon à en faire un tout homogène et imperméable, quoique suffisamment élastique pour résister à des tassements ou à des changements de température. D'ailleurs, on peut citer dans cet ordre d'idées le moyen suivant, employé en Allemagne et en Belgique pour l'établissement de terrasses [1] :

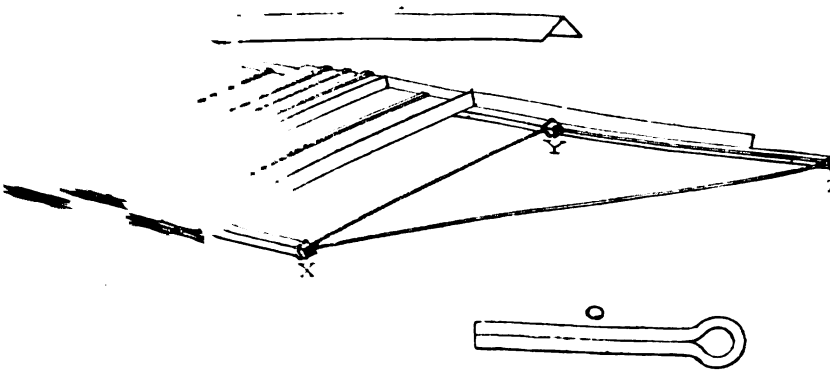
Sur un grillage assez résistant, formant plafond et travure de la terrasse, on pose un plancher en bois de 0,027 m rainé avec la ou les pentes convenables. Sur le plancher, on étend 4 ou 5 couches de papier fort et résistant. Entre deux couches de papier consécutives on interpose une couche de goudron végétal composé de façon à ne jamais durcir. On compose ainsi un carton goudronné d'une épaisseur totale de 5 mm d'épaisseur, sans joints, d'une seule pièce, élastique, durable et économique. Sur le carton, on peut alors étendre du sable ou de la terre végétale plantée de gazon. L'épaisseur de cette couche est de 10 cm. Il semble que cette solution doive donner de bons résultats et rendre parfaitement habitables les terrasses tout en assurant la complète siccité des étages inférieurs.

Couvertures pour meules de fourrages. — M. Pelletier, déjà cité, expose un système de couverture économique à panneaux mobiles et d'un montage très rapide pour meules de grains, fourrages, etc., qui pourrait trouver son

1. Ce système de toitures a été décrit avec détails dans le numéro de novembre-décembre 1890 de la *Revue du génie*, p. 527.

[illegible] les magasins aux fourrages de l'armée, pour [illegible]ements en plein air.

[illegible] ayant 8 m de largeur et une longueur quel- [illegible] ter mine à sa partie supérieure par deux plans [illegible] façon que le faîte se trouve à 1,30 m environ [illegible] les arêtes inférieures. On place trois madriers, [illegible] arêtes et au faîtage, on les relie par des fils [illegible] le montre la figure 113. On place alors, [illegible] extrémités et débordant sur le pignon d'une



[illegible]ouverture pour meules de fourrages.

[illegible] panneau A sur chaque versant : ces [illegible] joignent au sommet bout à bout et [illegible] goupilles O; puis, à 90 cm plus loin, [illegible] semblables. L'intervalle est fermé [illegible] forme un peu différente et s'em- [illegible] A. Tous les panneaux sont réu- [illegible] sommet. Les panneaux B sont, en [illegible] par des fils de fer passant dans un [illegible] est placé au sommet et fixé par des [illegible] la longueur de la meule d'après [illegible] et de telle façon que la couver- [illegible] sur les bords par les pan- [illegible] couverture solide, étanche, écono-

solid

1. 147.

mique, plus durable que des bâches et ayant sur elles l'avantage de laisser l'air circuler autour de la meule.

Tuiles-chaperons. — Nous avons trouvé un accessoire des couvertures assez original dans l'exposition de M. Lesquivin[1]. Il s'agit de tuiles-chaperons en fonte ; les dimensions, formes et ornementations en sont très variées ; elles se fixent au sommet des murs au moyen de barres de scellement et se lient entre elles à la façon des tuiles ordinaires ; leur paroi supérieure est hérissée de pointes qui empêchent l'escalade. La figure 114 montre la forme

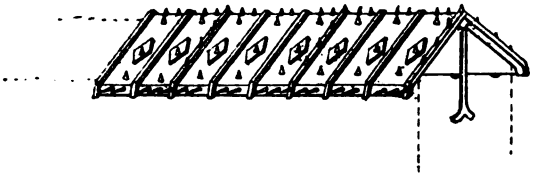


Fig. 114. — Tuiles-chaperons. Vue perspective.

et la disposition de ces tuiles-chaperons qui pourraient trouver leur place sur les murs de caserne. Elles paraissent jouir des qualités suivantes : grande facilité de pose, durée presque illimitée, protection des murs, solidité très grande dans leur mise en place, en raison de leurs poids et du mode d'attache au mur. Ces avantages réunis pourraient compenser sans doute la différence de prix avec les chaperons ordinaires, peu solides, peu stables, et n'offrant que peu de sécurité.

LÉGERS POUR CONSTRUCTIONS.

Certaines parties des constructions présentent des exigences particulières et nécessitent l'emploi de matériaux spéciaux : ainsi, par exemple, des cloisons, des hourdis de plancher, des conduites de cheminée.

1. 27, rue du Château-d'Eau, à Paris.

Les cloisons sont généralement minces et cependant elles doivent avoir le plus de solidité possible; elles doivent encore être insonores et n'avoir qu'un poids assez faible. Les cloisons pleines en briques de champ sont solides, mais ne possèdent pas les deux autres qualités. Les cloisons en briques creuses sont certainement excellentes à tous points de vue, seul leur prix est un peu élevé; les briques creuses, hourdées en plâtre ou même au mortier, permettent d'obtenir des cloisons de 0,11 m et même de 0,06 m d'épaisseur.

En ce qui regarde les hourdis de plancher, ils doivent être légers et résistants. Dans les constructions soignées, on les fait avec voûtins en briques pleines ou creuses et l'on obtient de très solides supports de plancher en même temps qu'un contreventement sérieux des murs. Mais ces hourdis sont lourds, un peu coûteux et, à moins d'avoir une épaisseur assez forte, ils sont sonores. On a vu, au cours de ce travail, qu'on a obtenu d'excellents hourdis de plancher, d'une solidité très grande avec de grandes briques creuses formant voûtin en un ou plusieurs morceaux. Enfin on a fait aussi les hourdis à cloisons exclusivement en plâtre neuf ou au moyen de plâtras et de plâtre avec intervention d'entretoises et de fentons pour rendre solidaires à la fois les fers à planchers et la maçonnerie qui les sépare.

Pour les conduits de cheminée, on peut, dans des murs [illegible] et pour des coffres assez vastes, les ménager en [illegible] les maçonneries. Mais lorsque, dans la hauteur [illegible] mur, ces coffres sont nombreux et correspondent à [illegible] placés à des étages superposés, et lorsque les [illegible] sont minces, ces coffres sont accolés, ils ont des [illegible] contournées, sont étroits et occupent presque toute [illegible] du mur; il est impossible alors de les monter [illegible] matériaux mêmes de la construction du mur, et [illegible] l'employer des tuyaux en poterie. Il existe un [illegible] de modèles de boisseaux de cheminée. Ils

doivent surtout avoir les qualités suivantes : être assez denses pour faire poids et résister aux charges, être assez lisses à l'intérieur pour ne pas entraver le tirage, être de dimensions convenables pour être montés avec les assises du mur, être de composition telle qu'ils résistent aussi complètement que possible aux effets de la chaleur et subissent une dilatation ou un retrait sans se rompre ; avoir des formes extérieures qui assurent une liaison parfaite des boisseaux entre eux et avec les maçonneries voisines,

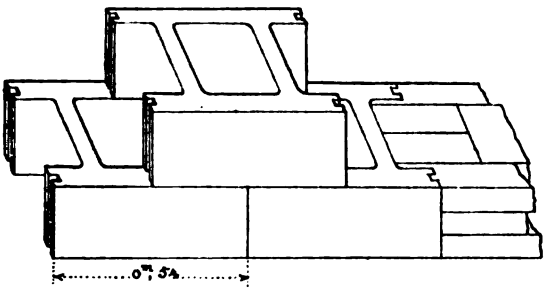


Fig. 115. — Wagons employés à la construction d'une cheminée.

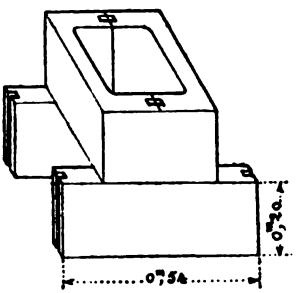


Fig. 116. — Assemblage pour conduit de fumée.

et enfin être capables de supporter parfaitement les enduits extérieurs. Les wagons Sacôte remplissent assez bien ces différentes conditions.

MM. Paupy[1] sont bien connus pour leur fabrication de

1. 67, boulevard de la Gare, à Paris.

carreaux en plâtre pour cloisons, de hourdis de plancher, de conduits de cheminée. Leur exposition montrait de beaux spécimens de leurs produits qui paraissent mériter une attention spéciale.

Outre les carreaux de plâtre pleins pour cloisons minces, la maison Paupy fabrique des carreaux creux pour cloisons, murs, hourdis de planchers en fer ou en bois.

De la facilité de pose et du prix de revient relativement peu élevé de ces produits peut résulter une économie assez importante dans la construction. Tous les matériaux sont fabriqués avec du plâtre pur et des mâchefers lavés, triés, concassés avec soin ; ils ont une résistance propre très grande, se lient parfaitement au plâtre et assurent des constructions très solides.

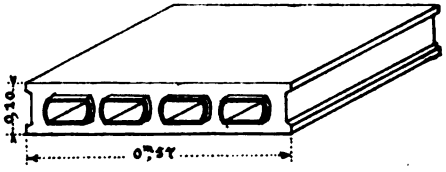


Fig. 117. — Panneaux-hourdis. Vue perspective.

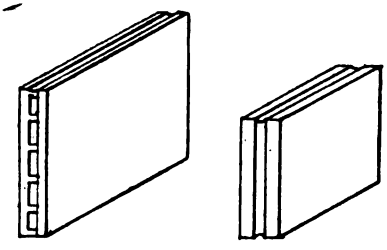


Fig. 118. — Carreaux. Vue perspective.

MM. Paupy fabriquent également des wagons pour cheminées, droits ou dévoyés, avec joints alternés. Ces wagons d'un système nouveau, aussi bien dans leurs formes que dans leur composition, obvient entièrement aux infiltrations de la fumée d'un conduit dans un autre.

Les figures 115 à 118 représentent quelques-uns des modèles des matériaux fabriqués par la maison Paupy.

ASPHALTE ET BITUME.

Quatre importantes compagnies ont exposé des produits dans la classe des asphaltes et bitumes. Ce sont : 1° la Compagnie générale des asphaltes de France; 2° la Société de pavage et des asphaltes de Paris; 3° la Société des mines de bitume et d'asphalte du Centre; 4° enfin la Compagnie parisienne des asphaltes.

Nous dirons quelques mots de chacune d'elles.

La Compagnie parisienne des asphaltes a surtout pour objet l'exécution des travaux en asphalte; elle tire ses produits des mines de Val-Travers (Suisse), de Volant (Haute-Savoie), de Seyssel (Ain) et aussi des mines qui lui appartiennent, notamment de celle de Lovagny (Haute-Savoie). Cette Compagnie exécute tous travaux de dallage en asphalte pur, en asphalte coulé, en asphalte comprimé. On sait que l'asphalte comprimé a été employé à l'établissement des chaussées et que les principaux avantages qui en découlent sont l'absence de boue et de poussière, l'insonorité, l'imperméabilité, la facilité des réparations; de plus, ces dallages sont propres et hygiéniques.

La Société civile des mines de bitume et d'asphalte du Centre est concessionnaire de mines qu'elle exploite elle-même dans le Gard et le Puy-de-Dôme; elle exécute également tous les travaux où ces matériaux trouvent leur emploi; ils sont pour la plupart représentés dans la construction établie par elle à l'Exposition. Comme matériaux nouveaux créés par cette Société nous signalerons les pavés, briques et carreaux en asphalte comprimé, et, au nombre des travaux ou matériaux exposés, des échantillons d'asphalte, de mastic, de béton bitumineux, d'enduit vertical en asphalte pur coulé et de terrasse en asphalte. L'enduit en asphalte pur est destiné à recouvrir directe-

ment la maçonnerie et il peut être recouvert ensuite de tel autre enduit que l'on veut. L'enduit en asphalte a pour but soit d'empêcher l'imprégnation des murs par l'humidité extérieure, soit de protéger les enduits, tentures et boiseries contre l'humidité provenant du mur lui-même.

Pour les terrasses, la Société montre le détail d'un procédé consistant à recouvrir le plancher de la terrasse d'une toile grossière, à étendre sur cette toile une couche d'asphalte coulé pur et ensuite une couche d'asphalte sablé; la première couche, élastique, résiste aux dislocations de la construction; la seconde, peu fusible, résiste à l'action de la chaleur et met la construction à l'abri des infiltrations.

Il nous paraît intéressant de donner quelques renseignements sommaires sur la nature des produits naturels et sur le traitement qu'on leur fait subir pour les amener à l'état de produits de construction.

Les roches asphaltiques sont généralement des calcaires imprégnés de bitume ou quelquefois des sables feldspathiques imprégnés de bitume. La teneur en bitume de la roche ne permet généralement pas un usage industriel; aussi est-on obligé, d'une part, d'extraire le bitume d'une certaine proportion de roches; d'autre part, de procéder à l'imprégnation, sous un dosage convenable, des roches asphaltiques. C'est du moins le procédé réalisé autrefois, et l'extraction du bitume se faisait en traitant la roche ou le sable asphaltique par l'eau bouillante. Mais aujourd'hui on se sert du bitume de la Trinité qui, à l'état brut, est un mélange d'environ un tiers de bitume pur, un tiers d'argile et un tiers d'eau. Ce bitume est soumis à l'évaporation et pour rendre la matière plus fluide, on l'additionne d'un tiers de goudron de schiste qui favorise le dépôt d'un résidu composé d'argile, de goudron et même de bitume. Le produit de l'opération est le bitume légèrement additionné d'argile et de goudron.

Pour obtenir le mastic bitumineux, la roche est broyée

en poudre fine et chauffée dans des chaudières avec le bitume dont on doit l'enrichir ; la matière est coulée dans des moules qui donnent les pains.

Pour les poudres à comprimer, on se contente de la roche naturelle quand elle est assez riche. La roche est broyée, tamisée, triée, puis réduite en poussière. La poudre est comprimée soit à l'usine, soit sur place ; pour l'exécution des chaussées par exemple, on chauffe cette poudre, on l'étend sur le sol et on la comprime avec des masses en fer chauffées très fortement, on la lisse ensuite au fer chaud et rouge. On voit que toutes les roches asphaltiques ne sauraient convenir à la préparation de l'asphalte en poudre ; il faut, d'une part, que l'imprégnation soit aussi parfaite que possible, d'autre part, que la proportion de bitume soit suffisante pour assurer une cohésion parfaite de la poudre comprimée.

On trouverait de très utiles renseignements au sujet de la nature géologique, de la composition, du traitement de toutes les matières schisteuses et asphaltiques, dans un ouvrage, très complet sur la matière, de M. Narcy, ingénieur à la Compagnie des asphaltes du Centre.

Parmi les applications de l'asphalte, cette compagnie expose, comme nous l'avons dit, des briques en asphalte très fortement comprimé et des carreaux ou pavés de même nature pour cours et écuries. Ces produits paraissent devoir rendre dans certains cas de bons services. Dans les écuries notamment, les pavés d'asphalte seraient moins bruyants, moins durs aux pieds des chevaux ; ils donneraient une surface plus unie et moins perméable que les pavés ordinaires.

Les deux autres sociétés exposantes s'occupent des travaux d'application de toute nature des matières asphaltiques et possèdent l'une, la Compagnie générale des asphaltes de France, des mines importantes à Seyssel, l'autre, la Société de pavage et des asphaltes de Paris, de ses produits des mines du Val-Travers.

PAVAGES EN BOIS.

Nous ne dirons que quelques mots des pavages en bois dont l'usage s'est rapidement répandu, notamment à Paris. Primitivement les pavés en bois étaient posés sur une couche de sable, à joints recoupés et d'une largeur régulière, les files normales à la direction de la chaussée ; du goudron chaud et liquide était coulé dans les joints d'une largeur régulière ; mais ces chaussées ne présentaient pas une résistance suffisante aux déformations. Actuellement elles sont composées de la manière suivante : la forme est faite en béton de ciment maigre de 0,20 m d'épaisseur et parfaitement dressée suivant la forme que doit avoir la chaussée ; les pavés en bois injectés de goudron sont posés comme ci-dessus et les joints sont remplis d'un mortier clair de ciment, du sable est ensuite jeté sur la chaussée et, en s'incrustant dans le bois, il forme une sorte de carapace qui protège la chaussée contre l'usure et le glissement. Ainsi exécutées, les chaussées ont une solidité, une résistance et une durée très grandes. La Société anonyme des pavages en bois exposait un modèle de chaussée avec voie ferrée encastrée pour tramway.

FERRONNERIE ET SERRURERIE.

La ferronnerie et la serrurerie d'art étaient représentées à l'Exposition par des objets si nombreux et si variés qu'il faudrait un volume pour en faire la description et pour signaler toutes les merveilles d'art et d'ingéniosité qui s'étalaient dans les vitrines : serrures, fiches, paumelles, charnières, crémones, espagnolettes, boutons, coulisseaux, marteaux de portes, targettes, etc., etc.

Le nombre était très grand aussi des systèmes de portes indécrochables, mais comme tous les objets présentaient surtout de l'intérêt au point de vue des formes variées, de

la valeur artistique et du mode de fabrication, ils n'intéressent pas spécialement les constructions militaires.

Persiennes. — Plusieurs modèles de persiennes pour fenêtres étaient exposés. On sait que la tendance est très marquée aujourd'hui de substituer aux grands vantaux des persiennes en bois, lourds et disgracieux, suspendus en l'air contre le parement extérieur des murs, des persiennes plus légères et plus solides à la fois, se repliant dans l'épaisseur du tableau. Ce nouveau système présente de tels avantages qu'on se demande s'il est possible encore de faire des persiennes aussi rustiques que l'étaient les anciennes. En effet, ces persiennes en bois sont lourdes à manier, difficiles à ouvrir et à fermer, elles exigent des arrêts extérieurs qui fonctionnent le plus souvent très mal et par les coups de vent les vantaux se rabattent violemment soit contre les murs, soit dans la buée au grand détriment des encadrements, des arrêts, des gonds. Ces grandes surfaces de bois exposées aux intempéries travaillent et se disloquent et se détériorent rapidement, elles masquent les encadrements de fenêtre ordinairement soignés et même moulurés, elles reçoivent la pluie et la laissent retomber en nappes contre les murs, produisant ainsi des traînées malpropres, enfin l'aspect des façades avec ces lourds panneaux suspendus dans le vide est des plus disgracieux. Les persiennes à rabattement en tableau, au contraire, sont légères, solides, masquées, faciles à manœuvrer, soustraites aux intempéries, elles dégagent les façades au grand avantage des travaux d'ornementation. On les fait soit entièrement en bois ou en bois et fer et même en fer seulement, chaque vantail se replie en deux ou trois morceaux. Les panneaux de persienne en fer sont formés de tôle avec entailles embouties donnant accès à l'air et à la lumière. Fermées, ces persiennes offrent à la fois l'apparence de la légèreté et de la finesse, elles sont de plus agréables à l'œil.

Baies de fenêtres métalliques. — Au nombre des applica-

tions intéressantes du fer à la construction, nous signalerons les baies de fenêtre d'une seule pièce exposées par M. Guipet[1]. La baie métallique est en fonte, elle est scellée dans la maçonnerie par des pattes faisant corps avec elle ; elle peut éviter les tassements et arrachements qui se produisent dans les baies encadrées de briques ou

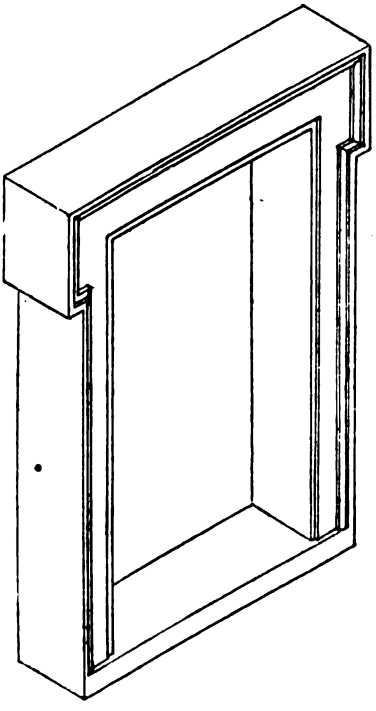


Fig. 119. — Baie de fenêtre en fonte système Guipet. Vue perspective.

de matériaux tendres ainsi que les dégradations de moulures et l'arrachement des gonds ; l'entretien en est facile puisqu'il suffit de temps en temps d'une couche de peinture ; les formes et ornementations peuvent être aussi variées que l'on veut ; la construction est rendue

1. 85, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.

plus rapide, puisqu'il suffit de mettre la baie d'aplomb et de maçonner autour. La pose des fenêtres, persiennes et barres d'appui se fait comme d'habitude. La fonte employée est très douce et peut se percer à volonté pour y adapter les attaches nécessaires. La figure 119 représente une de ces baies en fonte.

Pour terminer ce qui concerne la ferronnerie, nous mentionnerons encore un système de croisée entièrement en fer exposé par M. Pierre Dumas[1]. Cette fenêtre est faite en fers spéciaux ; elle paraît très bien établie et capable d'un bon fonctionnement. Un pareil système aurait sur les croisées en bois l'avantage d'être insensible à toute influence atmosphérique, d'être incombustible ; d'ailleurs les modèles exposés sont élégants et solides et quelques détails ingénieux, combinés avec la construction de la croisée, ont pour objet de la rendre entièrement impénétrable à l'eau, à la poussière et au vent, et d'éviter le bruit que produiraient les fers frappés l'un contre l'autre. Enfin les fenêtres se font en toutes formes et peuvent recevoir toute décoration désirée.

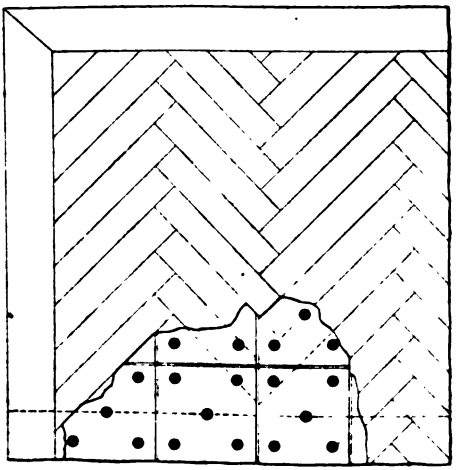
MENUISERIE.

Dans le ressort de la menuiserie, MM. Rielle[2] exposent une très belle collection de travaux de menuiserie courante pour bâtiment et autres usages. Tous les objets sont fabriqués mécaniquement : portes, fenêtres, rampes, balustres, baguettes, moulures, etc., et c'est en cela surtout que consiste leur originalité.

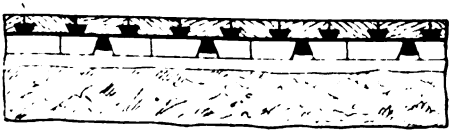
Parquets. — Plusieurs exposants présentent des parquets. La maison Cassard[3] expose une superbe variété de parquets de luxe en bois de nuances variées et des dessins les plus remarquables. Ce côté de son exposition est à si-

1. A Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
2. A Saint-Dié (Vosges).
3. Rue Championnet, 236, à Paris.

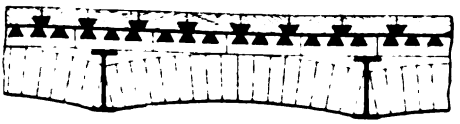
gnaler simplement au point de vue de l'art et du bon goût, les cas sont bien rares en effet où le service du génie pourrait faire l'application de pareilles œuvres d'art; mais, à côté de cela, M. Cassard expose un système de parquets dits « hydrofuges » qui présente quelque intérêt. Ce parquet, représenté par les figures 120, est composé d'un carrelage



Plan.



Coupe du parquet posé sur le sol.



Coupe du parquet posé sur hourdis.

Fig. 120. — Parquet système Cassard.

en carreaux de ciment ou de terre cuite percées, soit de trous coniques, soit de rainures à queues d'aronde. Le dal-

lage une fois posé et bien dressé, on coule un produit spécial hydrofuge qui pénètre dans les cavités du carrelage, et forme au-dessus un enduit dans lequel on scelle les lames du parquet. Ces lames sont taillées sur leur face inférieure et au joint de façon qu'en en rapprochant deux, elles forment une queue d'aronde dans laquelle pénètre la matière hydrofuge, qui, une fois solidifiée, établit une solidarité complète entre le parquet et la construction inférieure. Ce parquet solide peut être considéré comme très utile au point de vue hygiénique.

C'est aussi au point de vue hygiénique que s'est placé M. Guérin en inventant son système de parquets. Nous ne referons pas ici la description de cet intéressant système qui a été décrit dans la *Revue du Génie*[1]. En principe, c'est un plancher rainé dont les lames, au lieu d'être clouées sur les lambourdes, sont mobiles séparément entre les languettes en fer et solidaires entre elles et avec les lambourdes quand le plancher est monté. Seules les languettes en fer sont clouées ou vissées sur les lambourdes et en tout temps le parquet est entièrement démontable. Au point de vue de l'économie des réparations ou remplacements, au point de vue de la solidité, enfin au point de vue de l'hygiène, le parquet Guérin est combiné de façon à assurer toutes garanties. On considère comme un devoir d'insister sur cette invention qui peut rendre des services incomparables dans les casernements à tous points de vue, et si on ne reproduit pas ici toutes les descriptions de ces parquets, c'est simplement pour ne pas allonger outre mesure ce compte rendu par une répétition inutile et parce que les officiers du génie que la question intéressera trouveront des éléments complets d'appréciation dans la *Revue du Génie*.

A part ces quelques rares inventions, la menuiserie, quoique représentée par de nombreux ouvrages, n'offrait

1. Tome III, 1859, p. 352.

rien de nouveau. C'est plutôt dans les procédés de fabrication, dans le goût et le fini des ouvrages qu'il y aurait lieu de rechercher des améliorations, mais cela ne rentre ni dans notre rôle ni dans les besoins du génie.

Les applications de l'industrie à l'hygiène étaient des plus variées. C'est peut-être une des plus grandes richesses de l'Exposition que cet ensemble majestueux d'appareils de toute nature propres à assurer la ventilation, l'éclairage, la vidange des matières usées, le filtrage des eaux et qui présentait de si remarquables exemples d'ingéniosité, de recherches et d'invention. La plupart des objets exposés dans cette classe de la salubrité ont été énumérés ou décrits dans la partie de ce Rapport qui traite de l'hygiène. La *Revue du Génie* a décrit également des travaux exécutés par plusieurs officiers pour l'amélioration des casernes, latrines, cuisines, écoulement des eaux usées et des vidanges. Sans entrer dans aucune description nouvelle, nous rendrons cependant hommage à MM. Geneste, Herscher et Cie dont la belle exposition présentait un résumé de leurs remarquables travaux et de leurs belles inventions touchant toutes les questions d'hygiène, de chauffage, de ventilation et de désinfection. Bien que cette branche du service militaire ne soit pas du ressort du génie, nous dirons encore que c'est de cette maison que sortent les fours roulants et les fours de campagne transportables dont est dotée notre armée. C'est encore la maison Geneste, Herscher et Cie qui a introduit l'usage des vitres perforées pour la ventilation des espaces fermés.

FILTRAGE DES EAUX.

L'installation des filtres dans les casernes présente des difficultés assez nombreuses, dont la principale est sans contredit le choix d'un bon appareil. L'Exposition était abondamment pourvue de systèmes de filtres dont seuls des essais comparatifs pourraient permettre de juger la valeur.

Le sable, les charbons variés, les terres cuites, employés séparément ou conjointement, forment la base des divers systèmes qui ne se distinguent le plus souvent que par la forme des récipients, le mode d'emploi ou la quantité des matières. N'ayant pas été à même d'apprécier, par des essais personnels, les qualités réelles des filtres exposés, notre rôle ne peut consister que dans une sorte d'énumération de ces appareils.

Les filtres sont généralement combinés différemment suivant qu'ils doivent être utilisés pour l'eau sous pression ou pour l'eau sans pression. Depuis peu d'années un filtre spécial s'est répandu qui paraît jouir de qualités très appréciables : il s'agit des filtres Chamberland, système Pasteur. C'est une bougie en terre cuite que l'eau traverse du dehors en dedans avec ou sans pression. De nombreux systèmes analogues étaient exposés, mais il est évident qu'ils peuvent, tout en étant basés sur le même principe, avoir des propriétés très différentes selon la nature de la matière qui compose le vase poreux. Les bougies Chamberland s'emploient en nombre aussi grand qu'il est nécessaire pour obtenir la quantité d'eau filtrée utile. Une bougie peut donner, quand l'eau est sous pression, 50 litres en 24 heures, et les bougies sans pression donnent 5 à 6 litres dans le même temps. Deux maisons principales établissent les filtres Chamberland de toute nature : ce sont la maison Boulet et Cie [1] et la maison Rousseau et Cie [2].

Un filtre doit agir de deux façons : clarifier l'eau d'une part, la purifier d'autre part, c'est-à-dire lui enlever tous les éléments organiques infiniment petits qui peuvent la rendre malsaine ; aussi n'est-ce pas seulement en examinant à la lumière une eau filtrée qu'on peut juger de l'efficacité du filtrage, car à ce point de vue tous filtres établis sont bons, une belle eau bien limpide est toujours

1. 81, rue Boinod, à Paris.
2. 93, rue de Provence, à Paris.

le résultat obtenu par le passage de l'eau à travers des matières inertes, fixes et assez denses (sable, charbon, terre cuite) ; mais il faut en outre un examen microscopique très consciencieux pour vérifier la qualité de l'eau filtrée et c'est à ce point de vue surtout que s'élèvent les plus grandes discussions sur la valeur des filtres.

La maison Buron[1] est bien connue dans le service du génie, puisque c'est elle qui a établi le plus grand nombre des filtres de nos casernes. Nous ne décrirons pas ses appareils.

Nous citerons encore les filtres Maignen dans lesquels l'eau passe à travers une couche d'un charbon spécial dit « carbo-calcis » placée dans une enveloppe en amiante, qui suffit à elle seule à clarifier l'eau. M. Maignen a établi des filtres de toute capacité depuis le filtre individuel jusqu'aux filtres de grandes dimensions. Un certain nombre de types sont exposés par cet inventeur à l'usage de l'armée en campagne ou casernée.

Viennent ensuite les filtres Buhring et Cie[2], à base de charbon plastique poreux et fabriqués en toutes dimensions.

Dans la section anglaise était exposé un filtre assez intéressant établi par Jacob Barstow et fils[3]. Dans ce filtre l'eau est contenue dans un vase en pierre naturelle, qu'elle traverse pour passer ensuite sur une couche de charbon spécial, enfin elle filtre encore à travers une plaque en poterie de grès.

D'une façon générale, un filtre doit avoir pour élément essentiel une matière non susceptible de se décomposer ; c'est ainsi que ceux qui renferment du charbon animal, des tissus, crins, feutres et éponges sont à proscrire.

---

1. 8, boulevard Saint-Martin, à Paris.
2. 19, rue des Pyramides, à Paris.
3. A Pontefract (Angleterre).

FOURS ET APPAREILS DE CUISINE.

Parmi les appareils destinés aux usages militaires, les fours de manutention et les appareils de cuisine pouvaient faire espérer quelque invention nouvelle. A la vérité, le nombre des objets exposés dans cette classe était assez restreint.

Fours. — A côté de fours d'invention étrangère, plus propres aux boulangeries civiles et aux pâtisseries qu'aux manutentions militaires, nous avons principalement remarqué trois appareils français susceptibles de rentrer dans la catégorie des fours de manutention militaire.

Nous citerons en premier lieu le four mixte Lamoureux, appareil assez connu aujourd'hui pour que nous soyons dispensé d'en faire la description.

Le four de M. Godin, à Guise (Aisne), est du système aérotherme, mais le principe sur lequel il est basé, en même temps que la complication de ses organes, rendent le four peu susceptible d'être utilisé dans les manutentions militaires.

Nous dirons enfin quelques mots d'un four assez intéressant exposé par M. Biabeau[1]. C'est un appareil à chauffage direct. Au sortir du foyer, la flamme ou le gaz de la combustion sont dirigés dans cinq carneaux formés de tuyaux de fonte et placés sous la tôle; ils pénètrent dans le four, le traversent et gagnent ensuite des carneaux au nombre de trois placés au-dessus de la chapelle; ils s'échappent enfin dans la cheminée. Les carneaux aboutissent à deux chambres dans lesquelles la chaleur s'égalise de façon que les carneaux soient parcourus par des courants d'égale température.

La construction de cet appareil est délicate et compliquée; aussi le prix d'établissement et celui de l'entretien doivent-ils être assez élevés. D'un autre côté, la complica-

1. 33, rue de Chabrol, à Paris

tion des carneaux doit exiger un maniement de nombreux ouras qui n'est pas sans présenter quelque difficulté ; enfin le nettoyage de tous les conduits paraît presque impossible. Aussi l'appareil semble-t-il plutôt destiné au chauffage par le coke qu'à celui par la houille, car avec ce dernier mode de chauffage, les carneaux seraient bien rapidement obstrués. Mais il faut remarquer que le chauffage au coke serait coûteux et, de plus, évidemment moins praticable en tous lieux que celui à la houille.

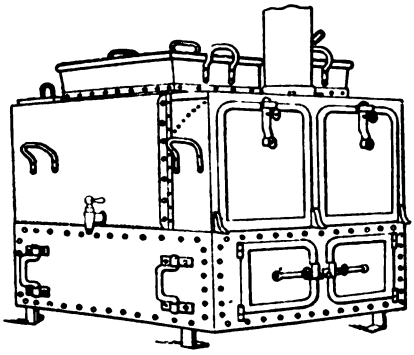


Fig. 121. — Appareil de cuisine Malen à cuisson directe.

Appareils de cuisine. — Les appareils de cuisine pour la troupe étaient peu nombreux. Dans la catégorie des appareils à cuisson par la vapeur nous citerons ceux bien connus de M. Egrot et ceux de MM. Piet et Cie. Ces deux appareils ne diffèrent entre eux que par des détails de construction.

Deux autres appareils, à cuisson directe, étaient exposés : l'un de M. Malen (fig. 121 et 122) réunit sous un faible volume tous les accessoires nécessaires à la préparation des repas : marmite, foyer, cafetière, eau chaude, rôtissoire et four à réchauffer. Cet appareil n'exige qu'une place restreinte et son installation est facile et peu coûteuse, il est en outre conçu de telle façon qu'il est en réalité un appareil portatif pouvant être transporté sur un chariot

spécial créé par l'inventeur (fig. 122). Le but qu'on s'est proposé est de permettre à une fraction de troupe de se faire suivre de son appareil de cuisine en toute circonstance (manœuvres, déplacements fortuits, exercices de 24 heures, épidémies, etc.).

L'autre appareil est présenté par M. Déglise ; il est assez semblable au précédent, quant à son principe, mais il paraît réaliser des progrès moindres sur les appareils présentés au concours de 1887.

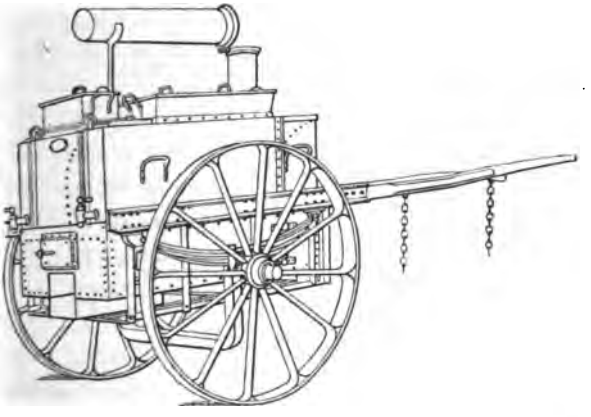


Fig. 122. — Appareil de cuisine Malen monté sur son chariot.

En terminant ce travail, nous ferons remarquer que nous avons dû restreindre la description des nombreux matériaux, appareils ou procédés. Une étude détaillée, eût en effet été d'une part, beaucoup trop étendue et d'autre part elle eût été sans grand profit. Notre but a donc été simplement d'appeler l'attention sur quelques-uns des sujets qui semblaient présenter quelque intérêt.

V. — CHEMINS DE FER.

En temps de paix, le service du génie est appelé à construire des embranchements de voies ferrées pour relier au réseau national certains établissements militaires, ou des réseaux complets à voie normale ou étroite destinés au service des places fortes en cas de siège.

En temps de guerre, les compagnies d'ouvriers militaires de chemin de fer du génie participent, avec les sections techniques, au rétablissement des communications par voies ferrées et en particulier aux réparations provisoires des ouvrages d'art; elles peuvent, en outre, bien que les règlements soient muets à cet égard, être appelées à assurer l'exploitation sommaire des chemins de fer dans la zone de contact avec l'ennemi.

A ces divers titres, il est utile que les officiers du génie se tiennent au courant des progrès réalisés dans l'art de la construction des voies ferrées et, spécialement, de tous les engins ou procédés nouveaux susceptibles de faciliter le rétablissement rapide des ouvrages d'art.

Il est particulièrement intéressant pour ces officiers de connaître les éléments constitutifs des voies françaises et des réseaux des puissances voisines, éléments qu'ils peuvent avoir à mettre en œuvre en temps de guerre.

Quant au matériel roulant, il n'offre d'intérêt pour le service du génie qu'au point de vue de son utilisation dans l'exécution des travaux s'il s'agit des wagons et, s'il s'agit des locomotives, au point de vue des particularités de construction qui sont de nature à influer sur les méthodes ordinaires de conduite de ces machines.

C'est dans cet ordre d'idées qu'ont été dirigées les recherches qui ont conduit à signaler les méthodes, documents et appareils ci-après.

CHAPITRE Ier.

CHEMINS DE FER A VOIE NORMALE.

---

§ 1er. — VOIE.

A) Tracé, construction et réparation de la plate-forme et des ouvrages d'art.

I. — TRAVAUX GÉOLOGIQUES.

La nature du sol sur lequel doivent se développer les voies ferrées est un des éléments les plus importants à considérer dans leur établissement. A moins que le tracé ne soit imposé par des considérations d'ordre militaire ou autres, on cherchera toujours à le diriger sur un terrain solide n'exigeant pas trop de précautions pour l'établissement des ouvrages d'art, l'écoulement des eaux, l'assainissement des tranchées, des plates-formes, etc.

La plupart de nos grandes compagnies ont constitué un service d'études géologiques chargé de déterminer, d'après les indications fournies par les tranchées de leurs voies ferrées ou d'après des sondages exécutés spécialement à cet effet, la nature des différentes couches du sol dans l'étendue de leur réseau.

La Compagnie de l'Est, en particulier, a exposé un volume accompagné de dessins et de profils d'ensemble où elle a réuni le résultat des études exécutées par ses soins depuis 1884 et qui s'étendent déjà à 1 670 km de son réseau.

Dans cette étude, les couches du sol sont envisagées sous le rapport de leur gisement, de leur constitution, de leur allure, de leur utilité, c'est-à-dire au point de vue lithologique qui seul intéresse l'art de l'ingénieur.

Ces renseignements, comme ceux analogues exposés par la Compagnie du Nord, peuvent, en raison de la région

spéciale à laquelle ils se rapportent, présenter un sérieux intérêt au point de vue militaire.

II. — WAGON A BALLAST A TRAPPES, SYSTÈME MÉRAUX.

Ce wagon, exposé par la Compagnie de l'Est, est étudié en vue d'assurer le déchargement rapide et complet du ballast. Il est complètement métallique ; son fond est disposé en dos d'âne et ses parois latérales sont pourvues dans toute leur longueur de trappes mobiles autour de charnières horizontales. Les trappes, au nombre de trois de chaque côté, garnissent toute l'étendue du wagon et peuvent être manœuvrées simultanément par un seul homme situé sur une plate-forme disposée à l'extrémité du véhicule, et qui agit successivement sur deux volants actionnant chacun, au moyen d'une vis verticale et d'une roue hélicoïdale, un arbre horizontal sur lequel s'enroulent les chaînes fixées aux extrémités des trappes.

Un seul homme peut décharger un tel wagon en deux minutes.

Les trappes sont encadrées à leurs extrémités par des joues fixes qui s'opposent à l'échappement latéral du ballast et empêchent celui-ci de venir encombrer la voie.

Ce véhicule est en outre muni de bouts et de ranchers qui permettent de l'utiliser pour le transport des rails et des traverses.

III. — PONTS DÉMONTABLES SYSTÈMES EIFFEL ET FIVES-LILLE.

La maison Eiffel et la Compagnie de Fives-Lille présentent chacune un système de ponts démontables étudiés en vue du rétablissement rapide des ouvrages d'art.

Les deux systèmes réalisent dans une certaine mesure la propriété fondamentale que l'on doit rechercher dans un matériel de guerre obligé, par sa destination même, de s'appliquer à des brèches d'importance très variable. Cette

propriété consiste à pouvoir, par des agencements simples d'un *petit nombre d'éléments distincts et facilement maniables*, constituer divers types de ponts s'appliquant *d'une façon à peu près rationnelle* à une série de portées qui se succèdent à intervalles assez rapprochés, pour que l'adaptation de l'un des types aux brèches légèrement supérieures à la portée maxima normale du type précédent ne constitue pas une utilisation *par trop défectueuse* du métal et ne conduise pas à des difficultés de montage et de mise en place hors de proportion avec le but à atteindre.

Il est clair qu'il y a intérêt, au point de vue économique, à ce que les portées-types soient aussi rapprochées que possible, et ce rapprochement est un des éléments d'appréciation pour juger la valeur relative des divers matériels de ponts démontables exécutés ou projetés jusqu'à ce jour.

I. — Ponts Eiffel.

Le métal employé pour toutes les parties du matériel est l'acier doux et l'on a admis comme coefficient normal de travail, sous la charge d'épreuve, 12 kg par millimètre carré.

Les ponts sont toujours à *voie inférieure*. Le constructeur avait bien, dans le principe, prévu certaines dispositions permettant de placer la voie au niveau de la partie supérieure des poutres, mais il les a abandonnées depuis parce que les ponts ainsi constitués, après avoir été amenés par voie de *lancement* au-dessus de leur position définitive, auraient dû être descendus ensuite de toute leur hauteur et que cette opération eût présenté, particulièrement pour le type de 45 m qui a 6 m de hauteur, des aléas redoutables, étant donné que dans les opérations de guerre on ne dispose souvent sur les culées que d'une largeur très réduite pour asseoir les chantiers de décalage qui doivent servir à la descente.

Les travées sont de *deux types : 30 m* et *45 m*. Ces deux types étaient représentés à l'Esplanade des Invalides, le

premier par une travée complète de 30 m de long, et le second par un bout de travée d'une quinzaine de mètres de long destinée simplement à montrer l'agencement des éléments.

Nous allons décrire sommairement le type de 30 m, ce qui nous permettra d'énumérer, en indiquant leur fonction, la plupart des éléments distincts qui entrent dans la constitution du matériel.

On verra ensuite comment on passe du type de 30 m à celui de 45 m.

Nous renvoyons d'ailleurs pour plus de détails à la notice descriptive rédigée par le constructeur.

Description sommaire du type de 30 m.

Poutres principales. — Les poutres principales sont à double paroi ; chaque paroi est composée *d'éléments* interchangeables ayant la forme de triangles isoscèles rectangles de 6 m de base et 3 m de hauteur et se recouvrant en partie ABC, $A_1B_1C_1$..... (fig. 123).

Les bases AC, A_1C_1 forment les membres inférieurs de la poutre ; les côtés AB, BC, A_1B_1, B_1C_1..... forment en se recroisant un treillis rectangulaire.

Les membrures supérieures sont constituées par des *tirants* bB_1, BB_2.... de 6 m de longueur, qui relient, de deux en deux et à joints croisés, les sommets b, B, B_1, B_2.

A chaque extrémité de paroi se place un *demi-élément* *a b c* qui a la forme d'un triangle rectangle isoscèle de 3 m de base et 3 m de hauteur, et un *demi-tirant* *b*B de 3 m de longueur. Les demi-éléments sont de deux types symétriques s'appliquant respectivement à chacune des extrémités d'une même paroi.

La continuité de transmission des efforts dans les membrures supérieures et inférieures est assurée aux points de jonction des tirants bB_1, BB_2....., ou des pointes de triangles A_1c, A_2C..... par des *couvre-joints de cornière*, conjugués avec des couvre-joints plats ; ces derniers sont fixés

par quelques rivets au milieu de la base des triangles ou des tirants et ne constituent pas, comme les couvre-joints de cornière, des pièces distinctes.

Dans chaque paroi, un joint inférieur comporte 6 *boulons de joint* de 40 mm de diamètre ; dans un joint supérieur, il y a deux boulons de 40 mm et 6 boulons de 20 mm.

Des *montants courants* A_1B, A_2B_1, A_3B_2..... relient les deux parois de chaque poutre et donnent à celle-ci de la

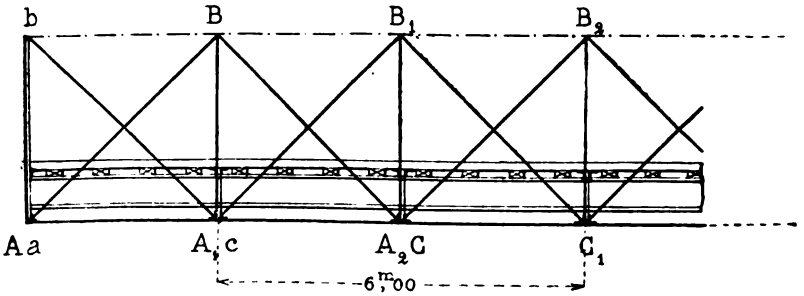


Fig. 123. — Schéma de la poutre principale du pont de 30 m.

rigidité dans le sens transversal. Les *montants sur appuis ab,* destinés à reporter sur les culées les réactions des barres de treillis, ont une section plus forte que les précédents. Les montants M sont boulonnés à leur partie supérieure sur des *chapeaux de montants* S (fig. 124), qui reportent directement sur les membrures supérieures une partie de la charge des pièces du pont, mais dont le rôle principal est de fournir, comme nous le verrons dans la suite, des points d'attache commodes pour l'entretoisement supérieur des poutres du type de 45 m.

Pièces de pont.— Les pièces de pont P sont à âme pleine ; leur section a la forme d'un I de 0,60 m de hauteur au milieu. Elles prennent appui directement sur les membrures inférieures et sont boulonnées contre les montants par 5 boulons de 20 mm ; l'invariabilité de l'angle droit qu'elles forment avec les montants est assurée au moyen de *contre-fiches* C boulonnées.

Longerons.— Les longerons sous rails L ont la forme de petites poutres en I de 0,35 m de hauteur ; ils *s'appuient* et se boulonnent sur des goussets d'attente rivés aux pièces du pont.

Barres de contreventement. — Ces barres sont de simples cornières disposées en croix de Saint-André dans chaque panneau de 3 m ; elles viennent se boulonner sur les *gous-*

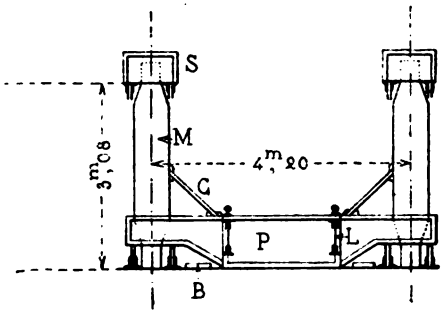


Fig. 121. — Pont Eiffel. Profil schématique de la poutre de 30 m.

sets de contreventement, qui sont de simples feuilles de tôle fixées à boulons sur les membrures inférieures des poutres principales à l'aplomb des montants. Accessoirement, les goussets contribuent avec les montants à assurer l'entretoisement des deux parois qui est complété par des *entretoises tubulaires* en fonte disposées aux points de croisement des treillis.

Boulons. — Les boulons sont de 3 types différents A,B,C, (fig.125). Ceux du type A ont 40 mm de diamètre, et ceux des types B et C ont le même diamètre, 20 mm, mais une longueur différente. Tous sont munis d'une rondelle de sûreté (système Grover) pour prévenir le desserrage de l'écrou sous l'action des trépidations dues au passage des trains.

Les boulons de 40 mm sont terminés par une portion conique qui, pendant la pose, agit d'abord comme une broche pour amener en corcordance les trous des pièces

à serrer et facilite singulièrement l'opération ; celle-ci peut se faire à coups de masse sans que l'on ait à redouter la détérioration soit des trous, soit du corps du boulon,

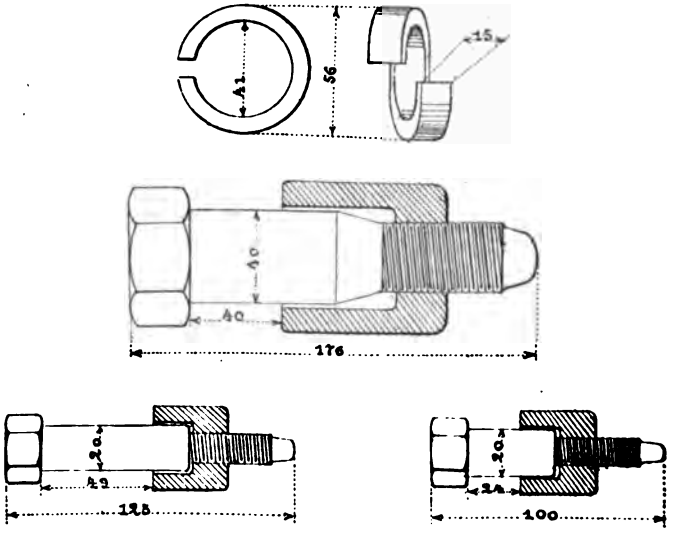


Fig. 125. — Boulons des 3 types et rondelle Grover $\left(\frac{1}{32}\right)$.

soit enfin de la partie filetée dont le diamètre est notablement inférieur à celui du corps.

Voie. — La voie est posée sur traverses boulonnées aux longerons.

Le poids par mètre courant de la travée de 30 m est de,
1 410 kg environ sans la voie ;
1 610 kg environ avec la voie.

Description sommaire du type de 45 m.

Pour passer au type de 45 m on supprime, dans le type de 30 m que nous venons de décrire, les tirants qui forment les membrures supérieures ; on ajoute dans chaque paroi de poutre un cours d'éléments triangulaires renversés (fig. 126 et 127), qui viennent s'assembler par la pointe

avec les précédents et dont les bases forment les membrures supérieures des nouvelles poutres ; on allonge les montants en les munissant à leur partie *inférieure* d'un montant rallonge ; enfin, en raison de leur grande hauteur, les poutres nouvelles sont, à leur partie supérieure, réunies par des *entretoises* boulonnées sur les chapeaux des montants et munies d'un contreventement *simple* constitué par des barres identiques à celles du contreventement inférieur, qui viennent se boulonner sur des *goussets* boulonnés eux-mêmes sous les entretoises. Celles-ci sont contre-fichées par des contre-fiches *identiques* à celles qui réunissent les pièces de pont aux montants.

Quant aux pièces de pont et aux longerons, ils sont identiquement les mêmes dans le type de 45 m que dans celui de 30 m.

La voie est posée, comme dans le type de 30 m, sur traverses boulonnées aux longerons.

Le poids par mètre courant de la travée de 45 m est de
1 930 kg environ sans la voie ;
2 130 kg environ avec la voie.

En résumé, le passage du type de 30 m à celui de 45 m s'exécute d'une façon très simple et n'exige que l'addition de quelques éléments nouveaux. Le matériel comporte, en somme, comme éléments constitutifs des travées proprement dites, *21 pièces distinctes*, savoir :

1° Élément triangulaire *courant* ;
2° } Deux types de demi-éléments ;
3° }
4° Tirant ;
5° Demi-tirant ;
6° Couvre-joint de cornière ;
7° Montant courant ;
8° Montant sur appui ;
9° Chapeau de montant ;
10° Pièce de pont ;
11° Contre-fiche ;

12° Longeron ;
13° Barre de contreventement ;
14° Gousset d'attache de contreventement inférieur ;
15° Entretoise tubulaire et son boulon ;
16°
17° } 3 types de boulons avec écrou et rondelle de sûreté ;
18°
19° Montant-rallonge ;
20° Entretoise ;
21° Gousset d'attache du contreventement supérieur.

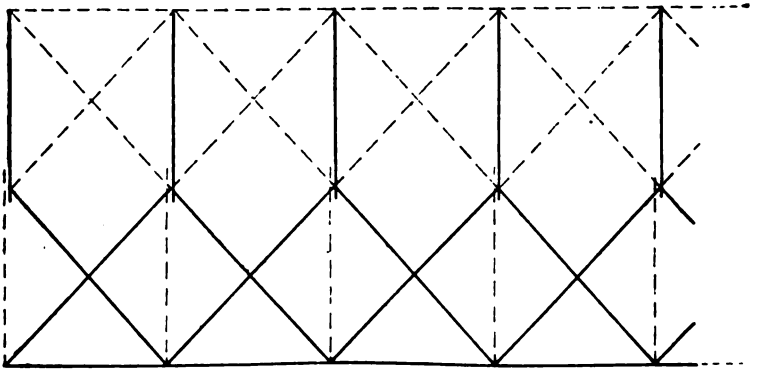


Fig. 126. — Élévation schématique d'une poutre Eiffel pour pont de 45 m.

Remarque. — Les opérations au moyen desquelles on passe du type de 30 m à celui de 45 m ont pour résultat de *doubler la hauteur des poutres et le nombre des cours de treillis sans rien changer à la section des membrures, non plus qu'à la section ni à l'inclinaison des barres de treillis*, et, par conséquent, de *doubler* du même coup la résistance aux *efforts tranchants* et la résistance aux *efforts fléchissants*. Or, il est facile de se rendre compte, en comparant entre eux les efforts imposés aux travées de 45 m et de 30 m par leurs surcharges d'épreuves réglementaires, que les *moments fléchissants* sont approximativement dans le rapport de *12* à *5* et les *efforts tranchants* dans le rapport de *3* à *2*.

Et comme les éléments constitutifs du matériel doivent nécessairement être calculés en vue des efforts les plus considérables qu'ils peuvent avoir à supporter dans les diverses combinaisons où ils sont susceptibles de figurer, il résulte de ce qui précède que les poutres-types de 30 et 45 m constituées avec les éléments du matériel Eiffel ne peuvent avoir, au point de vue de la résistance, une constitution *tout à fait rationnelle* ; dans le type de 45 m le

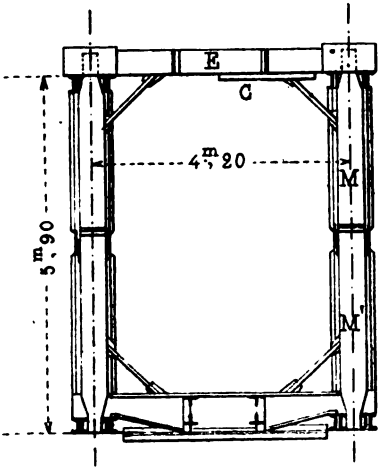


Fig. 127. — Pont Eiffel. Profil schématique de la poutre de 45 m.

treillis se trouve nécessairement être trop robuste, tandis que dans le type de 30 m la résistance des membrures est exagérée.

Opérations de montage. — Le montage des travées Eiffel s'effectue d'une façon simple, même pour le type de 45 m, et sans le secours d'aucun engin de levage autre que ceux que l'on emploie normalement sur tous les chantiers (crics, palans, etc.). Les pièces les plus lourdes (élément courant *415* kg, pièce de pont *440* kg) sont facilement maniables à bras d'hommes.

Nous renvoyons, pour ce qui concerne le montage de la travée de 45 m, à la notice spéciale publiée par le constructeur et nous nous contentons d'indiquer sommairement ci-après la succession des diverses opérations d'assemblage de la travée de 30 m.

On assemble d'abord dans chaque poutre les triangles $t_1 t_2$ de l'une des parois (fig. 128); puis les triangles $t_3 t_4$ de

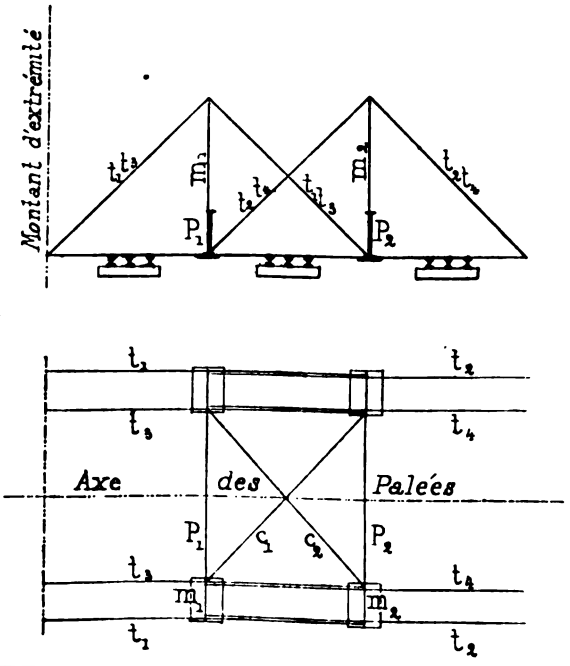


Fig. 128. — Pont Eiffel. Mode d'assemblage d'une travée de 30 m. Élévation et plan schématiques.

l'autre paroi en ne plaçant d'abord que quelques boulons dans les joints et des boulons provisoires au croisement des treillis; après avoir boulonné les goussets d'attache de contreventement, on met en place les montants $m_1 m_2$, puis les deux pièces de pont $p_1 p_2$ et le contreventement $c_1 c_2$, qui

assurent le parallélisme des portions de poutre déjà montées et la perpendicularité des pièces de pont à l'axe longitudinal. On a ainsi un panneau de *forme invariable* qui, bien nivelé en long et en travers, solidement assis sur des chantiers et placé bien exactement dans l'axe du lancement, sert de base à l'assemblage de tout le pont ainsi que de l'avant-bec employé pour la mise en place.

A partir de ce moment, les opérations se poursuivent par les deux extrémités à la fois ; pendant qu'une équipe procède à l'installation de l'avant-bec, une autre équipe opère l'assemblage des éléments du pont dans le même ordre que pour le panneau de base ; quelques hommes mettent en place les tirants et achèvent le boulonnage des joints.

Pour diminuer la fatigue du pont lors du lancement, on ne met en place au montage que les longerons des panneaux d'arrière ; ceux des panneaux d'avant sont installés ultérieurement, quand le pont a franchi la brèche et qu'on opère la descente.

Opérations de mise en place.

Un pont destiné au service de guerre doit pouvoir se mettre en place par voie de lancement et sans le secours d'un pont de service toujours long à installer.

Le type de 30 m Eiffel satisfait à cette condition essentielle ; il peut se lancer par les procédés ordinaires, c'est-à-dire sur rouleaux fixes, à la condition d'employer un avant-bec de 15 m au moins de longueur et des rouleaux doubles équilibrés (fig. 129), afin de ne pas imposer aux membrures inférieures une fatigue exagérée. Dans le même but, on allège autant que possible pendant le lancement la partie avant du pont en n'y plaçant pas tout d'abord les longerons comme on l'a dit ci-dessus.

Malgré toutes ces précautions, les membrures inférieures travaillent, au moment critique, jusqu'à 16 et 17 kg par

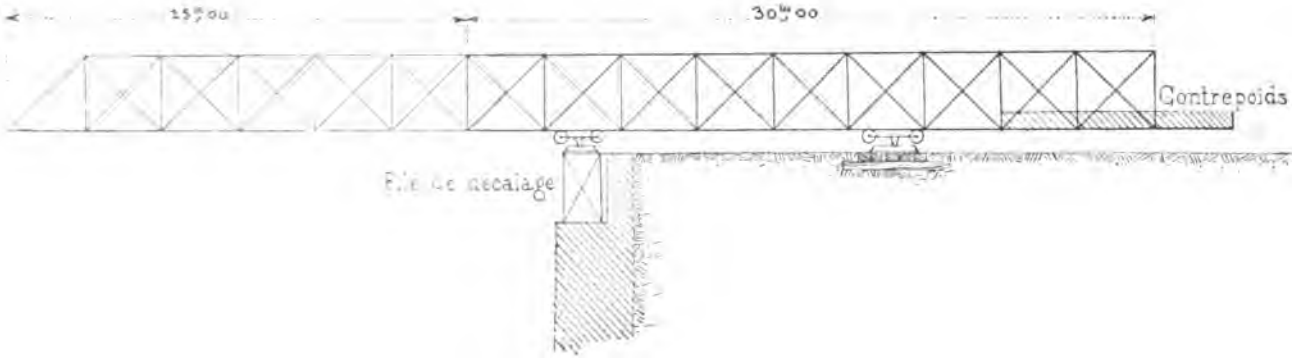


Fig. 129.— Lancement du pont Eiffel de 30 m avec avant-bec et sur rouleaux fixes.

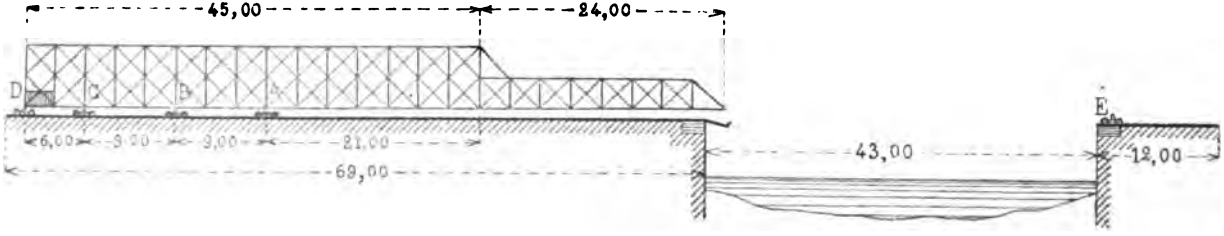


Fig. 130. — Lancement du pont Eiffel de 45 m à l'aide de chariots mobiles.

millimètre carré. Ce coefficient très élevé, mais admissible à la rigueur pour un effort momentané, est la conséquence logique de la grande distance qui sépare les points d'attache du treillis sur les membrures, mais surtout de la forme dissymétrique de ces membrures en ⊥, qui est défectueuse pour résister aux efforts locaux de flexion engendrés par la réaction des rouleaux de lancement. Pour une section de surface donnée, la forme symétrique en I serait plus avantageuse que la forme ci-dessus et conduirait *pendant le lancement* à un coefficient de travail bien moins considérable.

L'avant-bec est constitué dans ses parties essentielles au moyen d'éléments courants de pont ; ses poutres, à simple paroi, ne sont en quelque sorte que le prolongement des parois internes de chacune des poutres du pont dont elles ont absolument la constitution ; elles sont contreventées, dans le plan des membrures inférieures, avec les mêmes barres que le pont lui-même. Seuls, les montants et certaines pièces d'entretoisement et de contreventement intérieur sont spéciaux à l'avant-bec.

Ajoutons enfin, pour terminer ce qui est relatif au lancement de la travée de 30 m, que le halage s'opère très facilement, soit au moyen de treuils, soit au moyen de leviers à rochets.

La travée de 45 m ne peut pas, comme celle de 30 m, se lancer par la méthode ordinaire sur *rouleaux fixes*. Ses membrures, qui ont exactement la *même section* et *la même portée* entre points d'attache de treillis que celles du type de 30 m, offrent exactement aussi la même résistance aux réactions des rouleaux ; et comme ces réactions sont nécessairement beaucoup plus considérables dans le lancement de la travée de 45 m que dans celle de 30 m, elles amèneraient infailliblement la rupture des membrures.

Toutefois, on pourrait peut-être remédier à cette situation en renforçant la travée dans la zone dangereuse au moyen de dispositifs *provisoires*, agencés de manière à faire par-

ticiper les membrures supérieures à la résistance, aux réactions des rouleaux, et à reporter en grande partie ces réactions sur les treillis. M. Eiffel préfère abandonner franchement la méthode ordinaire et lui substituer un procédé de lancement sur *chariots mobiles* qu'il a étudié en tous détails dans sa « Note sur le montage d'un pont de 45 m ». On se bornera ici à en signaler les caractères essentiels.

La travée munie d'un avant-bec de 24 m de longueur, analogue à celui du type de 30 m, repose, après montage, sur quatre paires de chariots *mobiles* à 4 roues A, B, C, D, (fig. 130) et constitue ainsi une sorte de véhicule que l'on fait rouler vers la brèche; à la pince, à bras d'homme ou par tout autre procédé, sur une voie de roulement spécialement organisée à cet effet. Cette voie comporte de chaque côté deux rails correspondant aux deux files de galets de chacun des chariots.

Les premiers chariots, A, sont à 21 m de l'extrémité *avant* de la travée, de sorte que, quand ils arrivent sur le bord de la culée de départ, l'avant-bec a déjà franchi la brèche et vient prendre appui par son extrémité sur une paire de galets disposés pour le recevoir sur la culée d'arrivée. Le système continuant à avancer, le groupe des chariots A, puis successivement les groupes B et C, se dégagent sur un prolongement incliné de la voie du roulement disposé en encorbellement et d'où ils sont extraits au fur et à mesure. Quand les groupes B et C se présentent sur la culée de départ, on a soin, avant de les laisser se dégager, de ramener en *arrière* le groupe E jusqu'à l'aplomb de la culée d'arrivée, de manière à diminuer la fatigue de l'avant-bec.

Quand le halage est achevé, on sépare en bloc l'avant-bec de la travée et on descend celle-ci sur ses appuis.

Un contrepoids de 25 t environ empêche la travée de basculer autour des rouleaux A ; son importance est calculée de manière à amener le centre de gravité du système

à 1,50 m environ en arrière de ces rouleaux. Le poids totale de la travée (87 t), de son avant-bec (14 t) et du contrepoids est d'environ 126 t. On ne peut rien préjuger sur la façon dont ce poids se répartit sur les divers groupes A, B, C, D ; la répartition dépend essentiellement du réglage plus ou moins parfait de la voie de roulement. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que le groupe A, en raison de son voisinage du centre de gravité, est de beaucoup le plus chargé ; le minimum de sa charge correspondrait au cas où, par suite de dénivellations notables dans la voie de roulement, les groupes C et D ne porteraient plus et où le système reposerait tout entier sur les 2 groupes B et A ; ce dernier porterait alors environ $\frac{126\,t \times 7{,}50}{9{,}00} = 105\,t$ soit 52,5 t par wagonnet. On conçoit qu'en présence de pareils efforts locaux la voie du roulement doit être installée avec une très grande solidité.

Le côté caractéristique de la méthode de lancement qu'on vient d'esquisser c'est que, les chariots étant disposés sous les membrures inférieures à l'aplomb des montants, leurs réactions se portent tout entières sur les treillis et n'imposent aucun travail local aux membrures ; celles-ci n'ont plus alors à résister qu'à la fatigue qui résulte de la flexion *générale* du pont en porte-à-faux, fatigue qu'elles sont parfaitement aptes à supporter.

Mais cette méthode donne lieu à de graves objections. D'abord, elle est évidemment inapplicable à la mise en place de deux travées assemblées bout à bout pour le franchissement de deux brèches successives séparées par une pile intermédiaire. On peut en dire autant du cas où ayant à réparer une brèche pratiquée dans un ouvrage d'art métallique à plusieurs travées, on serait obligé de passer sur les travées encore existantes [1], car la charge énorme des

1. Il s'agit, bien entendu, d'un ouvrage métallique à deux voies et ne comportant pas de contreventement supérieur des poutres de rives ; car, si le viaduc considéré était à une voie, ou si, étant à deux voies, il avait

rouleaux A imposerait aux pièces de pont de ces travées des efforts très supérieurs à ceux pour lesquels elles sont calculées et en amènerait très vraisemblablement la rupture.

Enfin, en dehors des deux cas spéciaux qu'on vient d'envisager et où la méthode en question est radicalement impraticable, on peut dire que l'installation de la voie de roulement constituera une opération toujours fort délicate et qui paraît en particulier devoir présenter de grosses difficultés quand on aura à opérer sur le remblai frais d'une ligne à une voie, dont la largeur en couronne est à peine supérieure à celle de la voie de roulement.

II. — **Ponts Fives-Lille.**

Les ponts Fives-Lille appartiennent à la catégorie des ponts à grandes mailles et à articulations couramment employés en Amérique.

Ils sont en acier doux travaillant à 12 kg environ sous la charge d'épreuve réglementaire.

Ce système comporte, comme celui de M. Eiffel, deux types de ponts, tous les deux à voie inférieure, correspondant aux portées maxima de 30 et 45 m.

Seul, le type de 30 m figurait à l'Exposition sous forme d'un bout de travée destiné à montrer l'agencement des éléments.

On va en indiquer sommairement la constitution, le mode de montage et la mise en place.

Description sommaire du type de 30 m.

Poutres principales. — Les poutres principales sont formées de deux membrures réunies par une série de croix

---

un contreventement supérieur, sa largeur dans le premier cas, sa hauteur libre sous contreventement dans le second cas, s'opposerait au passage de la travée Eiffel, quelle que soit la méthode de lancement : on devrait avoir recours au montage sur pont de service.

de Saint-André séparées par des montants verticaux[1] (fig. 131).

Les membrures supérieure et inférieure ont le même profil uniforme ; elles sont l'une et l'autre composées de deux files de *tronçons de membrures* AB, BC.... A'B', B'C'... ayant la section d'un I. Toutefois, les deux files de I de

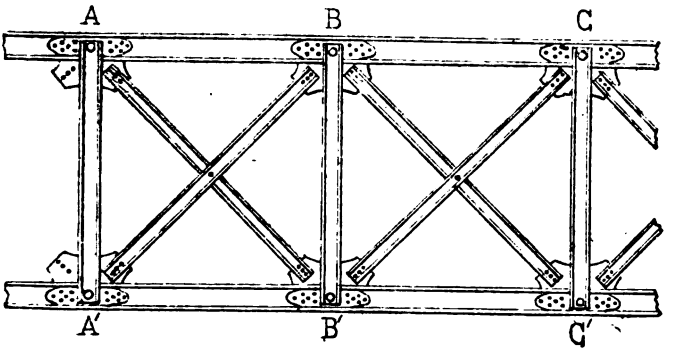


Fig. 131. — Élévation d'une poutre principale du pont de 30 m $\left(\frac{1}{112}\right)$.

la membrure supérieure sont, dans chaque tronçon AB, reliées verticalement l'une à l'autre par un petit treillis pour mieux résister aux efforts de compression auxquels elles sont soumises. Dans la membrure inférieure qui tra-

1. Cette forme générale, qui est également celle des poutres principales des ponts Eiffel, est en quelque sorte d'ordre composite ; c'est un mélange de plusieurs types différents ; on peut la considérer comme dérivant de la forme des poutres Warren doubles par adjonction des montants ou de celles des poutres Howe par l'adjonction des barres de treillis descendantes, etc..... Or, comme chacun des types Warren, Howe, etc.... , possède tous les éléments qui sont indispensables à la stabilité, on est forcé d'admettre que dans les ponts Fives-Lille et Eiffel les montants ou l'un des systèmes de barres sont théoriquement superflus. En fait, ces poutres sont calculées comme poutres Warren doubles, c'est-à-dire sans tenir compte de la présence des montants ; il n'est pas prouvé d'ailleurs que dans la réalité ceux-ci ne supportent pas une partie des efforts qui incombent théoriquement aux barres de treillis et ne soulagent ceux-ci d'autant.

Quoi qu'il en soit, les montants constituent dans les ponts Fives-Lille et Eiffel un organe essentiel qui, d'une part, donne aux poutres la rigidité transversale indispensable et qui, d'autre part, fournit une bonne attache aux pièces de pont.

vaille par extension, les deux files de I sont au contraire complètement indépendantes, de sorte que chaque tronçon A'B'... est en réalité formé de deux pièces identiques complètement distinctes.

Dans chaque file, les tronçons s'aboutent exactement dans le prolongement les uns des autres, et la transmission des efforts de l'un à l'autre par l'intermédiaire des boulons d'articulation A,B,C..... A',B',C'... s'opère au moyen de mâchoires rivées sur l'âme des I et dont la section est équivalente à celle de ces fers (fig. 132).

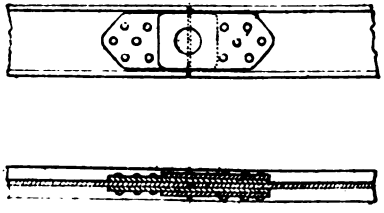


Fig. 132. — Élévation et coupe de l'assemblage des tronçons de membrures.

Les mâchoires d'un tronçon devant nécessairement embrasser celles de l'autre, il y a des mâchoires mâles et des mâchoires femelles et, afin que deux tronçons quelconques puissent s'assembler l'un à l'autre, chacun d'eux porte à l'une de ses extrémités une mâchoire mâle et à l'autre extrémité une mâchoire femelle.

Indépendamment du trou de grand diamètre destiné à livrer passage au gros boulon d'articulation, les mâchoires sont percées de trous plus petits qui permettent de brocher les membrures et les goussets des barres de treillis et de maintenir ces pièces dans leur position d'assemblage avant la mise en place du boulon.

Les barres de treillis sont formées chacune de deux fers ⊔ ; dans les barres comprimées les deux fers ⊔ sont réunis par un petit treillis de manière à former une seule pièce ayant la forme d'une petite poutre à caisson ▭ ; dans les barres dilatées, ils sont au contraire

complètement indépendants et disposés de manière à encadrer dos à dos, au point de croisement, les fers des barres montantes.

Les barres de treillis présentent donc, comme les tronçons de membrures, une symétrie parfaite par rapport au plan moyen de la poutre ; il en résulte que les gros boulons d'articulation n'ont à supporter, de la part des pièces qu'ils réunissent, aucun couple de déversement, mais seulement des efforts de cisaillement.

Contrairement à une disposition qui avait été primitivement adoptée par les ingénieurs de Fives-Lille et dans laquelle chaque barre de treillis était terminée, à ses deux extrémités, par un œil dans lequel s'engageait le gros boulon d'articulation, les barres de treillis du pont qui figurait à l'Exposition s'attachent, au moyen de quelques boulons, sur des *goussets* traversés par les articulations.

Remarquons, en passant, que la disposition nouvelle altère quelque peu le caractère essentiel du système à articulation, puisqu'il établit une liaison *angulaire* entre les branches de treillis assemblées sur un même gousset.

Les *montants* ont la forme d'une petite poutre en caisson (fig. 133) constituée par deux fers ⌊⌋ tournés dos à dos et réunis par un léger treillis ; ces fers sont percés à leurs deux extrémités d'un œil pour le passage des boulons d'articulation ; à leur partie inférieure ils sont réunis par des goussets en tôle percés d'un trou de 0,06 m de diamètre qui sert, comme nous le verrons, à l'attache des pièces de pont sur les poutres. Les petites cornières *c* et la tablette *t* ne sont que des pièces accessoires destinées à faciliter le montage ; elles permettent de faire reposer les montants sur les membrures inférieures ou inversement, les membrures supérieures sur les montants en attendant la mise en place des boulons d'assemblage.

Les montants sont de deux types, *montants courants* et *montants sur appui* ; ceux-ci sont un peu plus robustes pour résister aux réactions des culées.

Pièces de pont. — Les pièces de pont, comme les barres des treillis et les membrures, présentent un plan de symétrie ; elles sont à paroi double et embrassent par leurs plates-bandes supérieures la partie inférieure des montants auxquels elles s'assemblent par un gros boulon de 0,06 m de diamètre. De plus, elles sont reliées à leur partie infé-

Fig. 133. — Élévation d'un montant $\left(\frac{1}{20}\right)$.

rieure aux membrures des poutres par un boulon qui s'engage dans les oreilles que portent, en prolongement vers leur tête, les gros boulons d'articulation des membrures (fig. 134).

Longerons sous rails. — Les longerons sous rails sont des fers I de gros échantillon (différents de ceux des membrures); ils s'appuient et se boulonnent sur des goussets d'attente fixés aux pièces de pont.

Contreventement horizontal. — Le contreventement horizontal est double et formé pour chaque panneau de pont par deux croisillons en ⊔. Ces croisillons sont munis d'un écrou à double filet permettant d'en faire varier la longueur pour racheter les irrégularités de montage.

L'assemblage des barres de contreventement sur les pièces de pont se fait au moyen d'un seul boulon.

Boulons d'assemblage. — Les boulons d'assemblage des éléments du pont proprement dit sont de *huit* types différents. Dans tous, le corps cylindrique est terminé par un tronc de cône prolongé par la partie filetée dont le diamètre se trouve ainsi notablement inférieur à celui du corps du boulon et n'est pas exposé, par conséquent, à être détériorée pendant la pose et la dépose.

La tête des gros boulons d'articulation des poutres principales porte deux oreilles destinées, comme nous l'avons dit plus haut, à l'assemblage de la partie inférieure des pièces de pont.

Voie. — La voie est posée sur des châssis en bois approvisionnés à l'avance, comme les éléments du pont lui-même, et que l'on fixe bout à bout sur les longrines au moyen de boulons de 12 mm.

La travée de 30 m Fives-Lille pèse par mètre courant :

1 600 kg environ sans la voie ;
1 800 kg environ avec la voie.

Elle comporte *24 éléments distincts,* savoir :

1° Tronçon de membrure supérieure ;
2° Tronçon de membrure inférieure ;
3° Montant courant ;
4° Montant sur appui ;
5° Barre de treillis comprimée ;
6° Barre de treillis tirée ;
7° Gousset courant d'attache de treillis ;

8° Gousset d'about d'attache de treillis ;
9° Fourrure courante en acier coulé ;
10° } Fourrures d'about (2 types).
11° }
12° Croisillon de contreventement ;
13° Pièce de pont ;
14° Longeron sous rails ;
15° Appareil d'appui sur les culées ;
16° Châssis de voie démontable ;

17°	8 types de boulons	Gros boulon d'articulation ;
18°		Assemblage des treillis sur les goussets ;
19°		Assemblage des abouts ;
20°		Assemblage des pièces de pont ;
21°		Assemblage des pièces de pont ;
22°		Assemblage des longerons sous rail ;
23°		Croisement des treillis ;
24°		Croisement des contreventements.

Opérations de montage.

Le montage de la travée de 30 m Fives-Lille s'exécute d'une façon très simple. Toutefois, en dehors des apparaux proprement dits et de l'outillage courant qu'on retrouve sur tous les chantiers de montage (marteaux, clefs à boulons, crics, pinces, broches, etc.....), cette opération comporte l'emploi :

1° De quelques petits rouleaux de bois d'un diamètre un peu inférieur à celui des gros boulons d'articulation et qui remplacent ceux-ci provisoirement à certaines phases du montage ;

2° Un certain nombre de serre-joints pour échafaudages ;

3° Un *tire-boulon* (fig. 134), sorte de tire-bouchon à vis qui est d'un grand secours pour la mise en place des gros boulons d'articulation. Il se compose d'une tige en fer *t* munie à son extrémité d'une douille *d* pouvant se visser

sur la partie filetée du boulon d'articulation que l'on veut mettre en place ; elle porte en outre dans sa partie médiane un filet de vis du même sens que celui de la douille. En agissant sur la tige *t* au moyen d'un tourne-à-gauche taraudé G, que l'on empêche de se mouvoir longitudinalement par une cloche C prenant appui sur les membrures, on amène le boulon en place avec la plus grande facilité. En fin de course, la douille et la partie tronconique du boulon viennent se loger dans la concavité de la cloche C ;

4° Enfin une petite grue pivotante, montée sur wagonnet

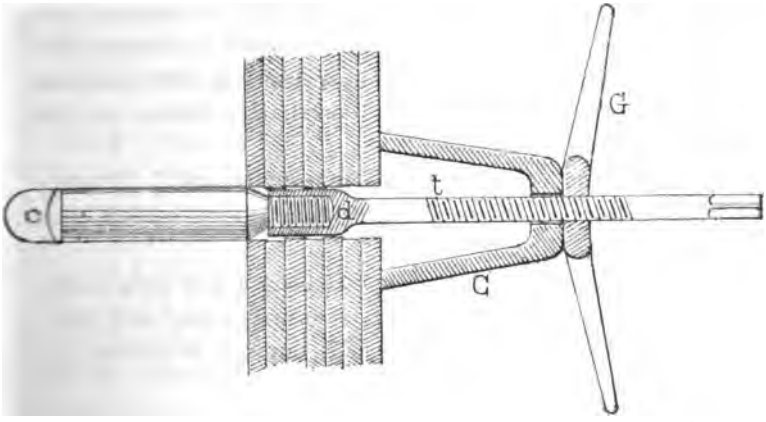


Fig. 134. — Mode d'emploi du tire-boulon pour le montage du pont Fives-Lille $\left(\frac{1}{61}\right)$.

à voie normale. Cet engin est très utile pour le levage des pièces lourdes et, en particulier, des membrures supérieures qui pèsent 470 kg. On pourrait sans doute le remplacer par un engin plus rudimentaire, tel qu'une chèvre ou une bigue, et même, à la rigueur, faire le montage uniquement à bras d'homme, mais ce serait évidemment au détriment de la sécurité et de la rapidité de l'opération.

Opérations de mise en place.

La travée de 30 m pourrait facilement se mettre en place par voie de lancement sur rouleaux *fixes* équilibrés et sans le secours d'aucun moyen accessoire de consolidation, *si*

l'on employait un avant-bec. Cependant, les ingénieurs de Fives-Lille, estimant que l'avant-bec peut, dans certaines circonstances, d'ailleurs fort rares, du temps de guerre, constituer une gêne sérieuse et même une impossibilité, se sont imposé la condition de lancer leurs ponts sans avant-bec. Ils lui substituent un *arrière-bec* de 26,80 m de longueur établi en prolongement du pont et chargé à son extrémité d'un contrepoids de 6 400 kg.

Mais le système ainsi constitué impose aux rouleaux établis sur la culée de départ une charge notablement plus considérable que celle qui correspondrait à l'emploi d'un avant-bec. Aussi est-on forcé de soulager les membrures inférieures dans la région dangereuse par des montants provisoires qui reportent une partie des efforts sur les membrures supérieures.

Ces montants doivent être approvisionnés à l'avance comme le reste du matériel et constituent, en fait, une certaine complication.

Quant à l'arrière-bec, il est constitué à peu près exclusivement au moyen d'éléments courants de pont et n'introduit dans le matériel qu'un petit nombre de pièces distinctes nouvelles.

Type de 45 m.

La travée de 30 m étudiée par Fives-Lille dans le principe présentait, par rapport à celle qui a été exposée et dont nous venons de donner la description sommaire, des différences très marquées. En particulier, les tronçons des membrures supérieures et inférieures étaient identiques et constitués par *un seul* fer I (qu'on employait en outre comme longeron) ; les barres de treillis, également d'un seul modèle, au lieu de s'assembler sur goussets, étaient munies à leurs deux extrémités d'un œil dans lequel s'engageaient les gros boulons d'articulation.

Dans ce système primitif, on passait de la travée de 30 m

à celle de 45 m de la façon très simple que voici : on redressait les barres de treillis de manière que l'une de leurs extrémités vînt s'assembler, par un boulon d'articulation, au milieu des tronçons de membrures percés à cet effet d'un trou supplémentaire en leur milieu (fig. 135), en ajoutant des rallonges aux montants comme dans le système Eiffel, et enfin on doublait les tronçons de membrure.

Le doublement des membrures, combiné avec le redressement des barres de treillis et l'augmentation de hauteur des poutres qui en est la conséquence, donnait à la nouvelle poutre les résistances à la flexion et au cisaillement correspondantes à la partie de 45 m.

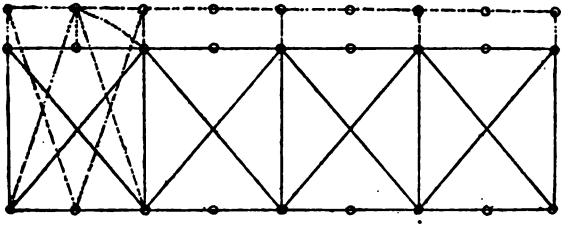


Fig. 135. — Schéma du mode du passage de la travée de 30 m à la travée de 45 m dans le système primitif de Fives-Lille.

Ce mode de transformation présentait d'ailleurs, au point de vue de la mise en place, un avantage capital, car en doublant, d'une part, la section des membrures et, d'autre part, en diminuant de moitié la portée des membrures entre les points d'attache du treillis, on augmentait dans une énorme proportion la résistance de ces membrures aux efforts de flexion et on les mettait à même de résister aux efforts locaux développés par les rouleaux dans le lancement sur *rouleaux fixes*. On pouvait donc dire que jusqu'à la portée extrême de 45 m, le matériel Fives-Lille s'accommodait très bien de la méthode ordinaire de lancement sur rouleaux fixes, ce qui constituait en faveur de ce système un avantage précieux.

Mais aujourd'hui que le type primitif de 30 m a été profondément modifié, on ignore comment se fera dans le nouveau système le passage au type de 45 m. Si la compagnie Fives-Lille était amenée à abandonner le mode de transformation qu'elle avait prévu tout d'abord, il faudrait

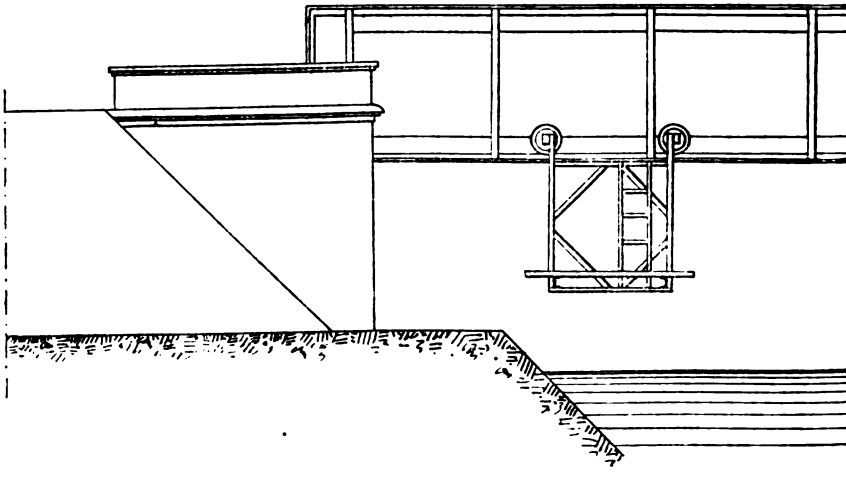


Fig. 136. — Échafaudage roulant. Élévation $\left(\frac{1}{100}\right)$.

le regretter, car elle ferait disparaître du même coup l'un des caractères les plus essentiels et les plus avantageux de son système. Il est vraisemblable qu'elle se trouverait alors, en ce qui concerne la mise en place de la travée de 45 m, en présence de difficultés analogues à celles que nous avons signalées dans le matériel Eiffel et dont elle ne pourrait sortir qu'en ayant recours à la méthode précaire du lancement sur rouleaux *mobiles*, ou bien en donnant aux membrures inférieures un grand excès de solidité (c'est-à-dire de poids) et en compliquant le matériel par l'adjonction de dispositifs accessoires propres à soulager ces membrures pendant la période critique du lancement.

IV. — ÉCHAFAUDAGE ROULANT.

Le chemin de fer du « Grand central Belge » expose un échafaudage roulant qui est employé pour la visite et l'entretien des tabliers des ponts métalliques (fig. 136 et 137).

Le chariot se démonte en éléments facilement ma-

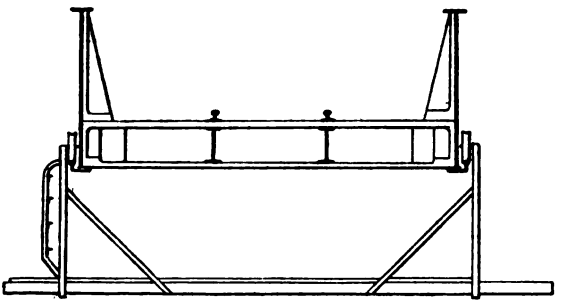


Fig. 137. — Échafaudage roulant. Coupe transversale $\left(\frac{1}{100}\right)$.

niables ; il est complètement en fer, à l'exception du plancher, dont les panneaux sont mis à l'abri de tout mouvement de bascule.

Les différentes parties de l'échafaudage sont agencées de telle sorte qu'elles peuvent être appliquées directement à tous les ponts du réseau.

Cet appareil, convenablement modifié, s'il y a lieu, pour s'adapter aux ponts militaires, paraît susceptible de rendre en temps de guerre quelque service, en permettant de visiter facilement les joints de ces ponts et d'opérer avec commodité le resserrage des boulons.

(B) Éléments constitutifs de la voie.

V. — VOIES RENFORCÉES.

L'accroissement du trafic, l'augmentation de la charge et de la vitesse des trains rapides, ont conduit récemment la

plupart des compagnies à adopter pour les parties les plus fatiguées de leurs réseaux une voie renforcée.

Ce renforcement a été obtenu par une augmentation très sensible du poids des rails au mètre courant, combinée le plus souvent avec une plus grande longueur des barres, un certain rapprochement des traverses, un meilleur éclissage, etc.

Compagnie de l'Est. — Les nouveaux rails pèsent 44,2 kg au mètre courant ; ils ont 12 m de longueur normale et reposent sur 16 traverses.

Les joints sont en porte-à-faux et croisés de manière que les joints d'une file de rails correspondent au milieu des rails de l'autre file.

L'éclissage se fait au moyen de deux éclisses-cornières réunies par quatre boulons de 27 mm munis de rondelles de sûreté système Grover (page 102).

Les rails reposent sur les traverses en bois par l'intermédiaire de semelles en feutre goudronné et y sont fixés par des tire-fonds de 23 mm.

Les éclisses-cornières sont tirefonnées sur les traverses contre-joints et s'opposent par conséquent à l'entraînement des rails.

Compagnie du Nord. — La Compagnie du Nord commence à mettre en service, au fur et à mesure des besoins de l'entretien et du renouvellement, un rail de 43 kg environ au mètre courant et de 12 m de longueur.

Le nouveau rail, comme l'ancien de 30 kg, repose sur des traverses en bois avec interposition de feutres goudronnés. Ces feutres, convenablement serrés et resserrés pendant les premiers temps de la pose, empêchent le sable et l'humidité de pénétrer dans l'entaille des traverses.

Les traverses sont de la forme équarrie ou à plateaux ; la largeur des traverses ordinaires a été portée à 0,26 m au minimum. Le bourrage étant pratiqué uniquement sur environ 0,40 m de chaque côté de l'axe longitudinal du rail,

la surface utile d'appui de ces traverses sur le ballast est de 0,26 m × 0,40 m × 4 = 0,416 m².

Les traverses à plateaux sont composées d'une membrure de 2,30 m × 0,20 m × 0,11 m et de deux plateaux de 0,40 m × 0,75 m × 0,45 m, fixés vers chaque extrémité de la membrure. La surface utile d'appui sur le ballast est égale à celle des plateaux, soit 0,40 m × 0,75 m × 2 = 0,6 m².

Pour s'opposer au déplacement latéral de la voie, on relie les traverses voisines du joint, de même que celles des milieux de rails, par deux petits madriers de 0,10 m de hauteur sur 0,05 ou 0,06 m d'épaisseur, que l'on fixe aux abouts de ces traverses.

Le nombre des traverses par longueur de rail est de 12, 13 ou 14, suivant la vitesse ordinaire des trains circulant sur les diverses parties du réseau.

L'entraînement de la voie est empêché au moyen d'encoches pratiquées aux extrémités des éclisses qui viennent buter contre la tête des tire-fonds.

Compagnie P.-L.-M.—La Compagnie P.-L.-M. emploie des rails de 12 m de longueur pesant 34 kg, 39 kg ou 47 kg au mètre courant. Ces derniers sont réservés pour les pentes les plus fortes des lignes à grande circulation[1].

Les joints sont en porte-à-faux ; ils sont éclissés par des éclisses-cornières à 6 boulons.

Les traverses sont des traverses ordinaires en bois (chêne ou hêtre injecté) ; leur nombre varie de 12 à 18 par longueur de rail de 12 m, suivant la fatigue que doit supporter la voie.

Des selles en acier, avec saillie de chaque côté, sont interposées entre le rail et la traverse.

L'entraînement du rail est empêché par des boulons qui, de distance en distance, fixent le rail sur l'aile repliée d'une sellette.

1. Pour plus de détails, voir le *Génie civil*, t. XV, n° 20, p. 448.

Compagnie de l'Ouest. — La voie renforcée adoptée à titre d'essai par la Compagnie de l'Ouest en 1889 est complètement métallique.

Les rails en acier ont 12 m de longueur et pèsent 44 kg au mètre courant.

Les traverses métalliques, au nombre de 18 par longueur de rail, sont d'un type spécial dont nous dirons quelques mots dans la suite.

Les rails sont fixés dans les coussinets de ces traverses au moyen de coins en acier système *David* décrits plus loin.

En outre de la voie ci-dessus qui est réservée pour les parties du réseau exceptionnellement fatiguées, la Compagnie de l'Ouest a renforcé sur certaines parties de lignes à fortes déclivités ou en courbes de faible rayon son ancienne voie en rails Vignoles de 8 m de longueur et de 30 kg au mètre courant. Le nombre des traverses par longueur de rail a été porté de 9 à 10, avec adjonction de coussinets à chaque traverse, sauf à celles de contre-joints qui reçoivent les extrémités de fortes éclisses à patin fixées au moyen de tire-fonds sur chaque traverse. Ces tire-fonds s'opposent au glissement longitudinal des rails.

Chemins de fer de l'État, Compagnie d'Orléans et du Midi. — La Compagnie d'Orléans, les chemins de fer de l'État et la Compagnie du Midi emploient comme rail lourd un type à double champignon de 38 kg le mètre courant et ayant 11 m de longueur.

VI. — CHARGEUR DE RAILS SYSTÈME GUYENET.

Les divers types de rails ci-dessus présentent, au point de vue des opérations de guerre, de graves inconvénients. D'abord leur poids excessif (420 à 560 kg) les rend peu maniables ; mais surtout leur grande longueur (11 à 12 m) s'oppose à ce qu'on les emploie, avant de les avoir au préalable convenablement cintrés, dans la construction des courbes de *faible rayon* que comporteront nécessairement

les embranchements ou déviations de campagne. Pour la construction de ces embranchements ou déviations, on aura intérêt, semble-t-il, au point de vue de la facilité et de la rapidité d'établissement, à employer de préférence les anciens types de rails légers et de faible longueur (6 à 8 m), qui peuvent se poser dans des courbes de faible rayon sans avoir été coudés, ou tout au moins se couder facilement à la pince après la pose.

Toutefois, comme on peut, par suite de circonstances spéciales, se trouver dans la nécessité d'avoir recours aux rails lourds, il ne paraît pas inutile de signaler à l'attention des officiers le *chargeur* Guyenet exposé par la Compagnie d'Orléans. Cet appareil a été imaginé dans le but de diminuer les dangers et les lenteurs du chargement et du déchargement de rails lourds et de supprimer les chocs qui les faussent et altèrent leurs qualités.

VII. — COINS MÉTALLIQUES SYSTÈME DAVID.

Diverses compagnies de chemins de fer et, en particulier, la Compagnie des chemins de fer de l'État et la Compagnie de l'Ouest commencent à employer couramment sur leurs voies ferrées des coins métalliques du système David.

Ces coins (fig. 138) sont formés d'une lame d'acier à res-

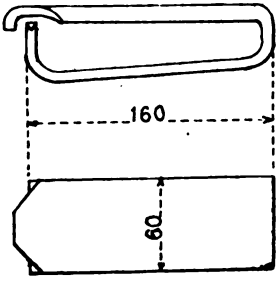


Fig. 138. — Plan et élévation du coin métallique David ($\frac{1}{5}$).

sort repliée à chaud en forme de rectangle et trempée. Ils

peuvent résister sans déformation permanente à un effort de 2 500 kg et, sans se rompre, à un effort de 6 500 kg.

Les coins métalliques ne demandent aucun entretien; une fois enfoncés, ils restent indéfiniment en place sans se desserrer. Des expériences récentes ont démontré, paraît-il, qu'ils augmentent notablement la rigidité de la voie.

VIII. — BOULONS D'ÉCLISSES INDESSERRABLES SYSTÈME LINET.

Les chemins de fer de l'État vont généraliser l'emploi sur leur réseau du type de boulon indesserrable à écrou fendu du système Linet (fig. 139), qui a donné aux essais d'excellents résultats.

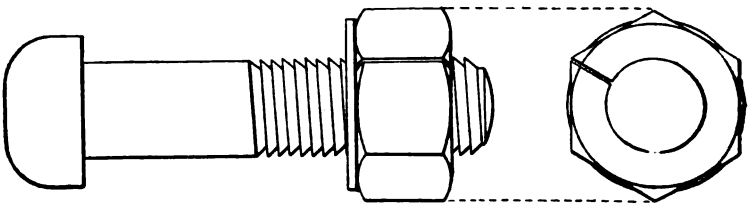


Fig. 139. — Boulon d'éclisse Linet.

Ce boulon est muni d'un filetage spécial dans lequel les surfaces sur lesquelles s'exerce le serrage sont normales à l'axe du boulon et de l'écrou. L'écrou est fendu, avant son filetage, par un trait de scie suivant son rayon ; cette fente fait de l'écrou un ressort puissant qui exerce un frottement énergique sur le taraudage de la tige du boulon. Le ressort de l'écrou s'obtient soit en faisant son taraudage d'un diamètre un peu plus petit que celui du boulon, soit en le resserrant de l'épaisseur du trait de scie.

IX. — TRAVERSES MÉTALLIQUES.

La traverse métallique est à l'ordre du jour. Un grand nombre de types ont été exposés, dont la valeur réelle ne saurait être appréciée qu'à la suite d'expériences de très longue durée.

Nous nous bornerons à en signaler quelques modèles, en particulier ceux qui sont actuellement à l'essai sur nos grandes Compagnies de chemins de fer et qui, à ce titre, sont peut-être appelés à passer prochainement dans le domaine de la pratique.

Type Est. — La Compagnie de l'Est, qui depuis 1865 a expérimenté puis rejeté successivement divers types de traverses métalliques se rattachant notamment à la forme Vautherin, soumet aux essais, depuis cinq ans environ, sur la ligne Paris-Mulhouse, près de Rosny, une nouvelle traverse (fig. 140) imaginée par M. Guillaume, ingénieur du matériel fixe à ladite Compagnie. Cette traverse a donné jusqu'à présent des résultats satisfaisants, mais non encore concluants.

Elle a la forme d'un ⊔ reposant sur sa surface plane ; elle est complètement enfouie dans le ballast ; les extrémités sont rabattues et s'opposent au ripage par lacet, tout en empêchant le ballast de fuir dans le sens de la moindre résistance.

Les attaches des rails sont constituées par des oreilles mobiles en acier fondu qui sont simplement accrochées par leurs deux tenons dans le corps de la traverse.

Enfin le serrage des rails contre les oreilles est obtenu en chassant des coins en bois d'orme créosoté et comprimé entre la face plane de la traverse et le patin des rails.

Type Ouest. — La Compagnie de l'Ouest emploie dans sa voie renforcée à rail de 44 kg le mètre, une traverse métallique dont voici les caractères essentiels :

Le corps de traverse a la forme d'un ⊓ renversé ; à l'emplacement qui doit recevoir les rails elle est enveloppée par des coussinets en fonte coulés à même sur la traverse et qui se trouvent fixés par le serrage énergique résultant du retrait de la fonte ; pour prévenir tout déplacement pouvant résulter d'un desserrage ultérieur provoqué

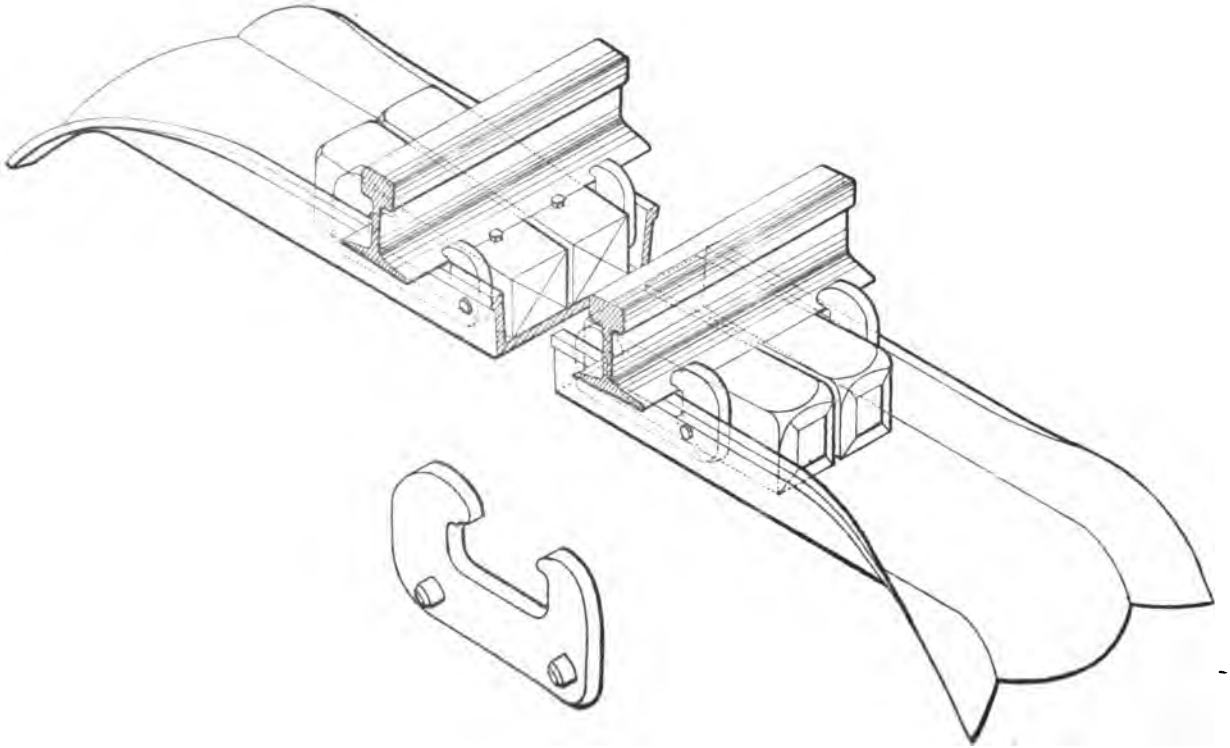


Fig. 140. — Traverse Guillaume. — Vue perspective de l'ensemble et de l'oreille d'attache.

par les trépidations dues au passage des trains, on ménage, avant la coulée des coussinets, des encoches ou des trous dans les ailes verticales du corps de traverses. Ces trous ou encoches se remplissent de fonte faisant corps avec le coussinet, et ce dernier se trouve ainsi fixé d'une façon invariable sur la traverse.

Le poids de la traverse métallique de l'Ouest est de 110 kg environ, dont 60 kg d'acier et 50 kg de fonte.

5000 de ces traverses viennent d'être mises en commande pour continuer en grand des essais qui sont déjà commencés depuis deux ans.

Type État. — Les chemins de fer de l'État ont actuellement en expérience une traverse métallique du type Vautherin avec les perfectionnements que la pratique y a fait apporter (longueur 2,50 m, largeur à la base 253 mm, épaisseur de la table supérieure 10 mm, poids 57,85 kg).

Les rails reposent sur ces traverses par l'intermédiaire d'un coussinet en fonte muni d'un talon qui s'engage dans un trou rectangulaire pratiqué dans la table de la traverse et qui soustrait à tout effort de cisaillement les deux boulons de fixation du coussinet.

Cette voie métallique se comporte, paraît-il, très bien ; son entretien est moins onéreux que celui d'une voie sur traverses en bois, et les ruptures de coussinets beaucoup plus rares que dans celle-ci.

Les chemins de fer de l'État ont même mis en essai la traverse métallique dans les appareils de changement de voie. Un branchement à deux voies avec cœur de croisement en acier coulé, posé sur traverses métalliques figurait à l'Exposition. La plupart de ces traverses (32 sur 41) ont le profil de la traverse ordinaire de voie courante ; les autres sont coupées dans des barres d'acier en ⊔ renversé fermées à chaque bout par des cornières rivées.

Ces traverses spéciales, de 250 mm de largeur de table, sont nécessaires pour recevoir les coussinets spéciaux à

large base, tels que ceux du cœur et du talon de l'aiguille. L'une d'elles porte sur un prolongement la boîte de manœuvre du chargement.

Le sabotage est fait avec une grande précision dans les dépôts du matériel fixe, ce qui permet de poser l'appareil rapidement et avec une grande régularité.

Le même matériel peut servir pour une déviation à droite ou pour une déviation à gauche.

Il coûte, à peu de chose près, le même prix qu'un changement sur traverses en bois.

Type du Grand Central Belge. — L'administration du Grand Central Belge a mis en essai, depuis 1886, environ 11 000 traverses métalliques du type *Caramin et Cie*, pesant 70 kilogrammes.

Les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont, paraît-il, des plus satisfaisants.

Les boulons d'éclisses sont réunis deux à deux par des plaques d'acier cintrées posées entre les écrous et l'éclisse et qui ont pour but de s'opposer au desserrage des écrous.

Type Séverac. — Tout récemment la Compagnie du Nord français expérimentait dans la section Orly-Chantilly un type de traverse métallique imaginé par M. Séverac, ingénieur civil (fig. 141).

Le corps de la traverse se compose d'un fer I à profil constant ; à ses extrémités sont rivés des plateaux en fer larges, plats, légèrement épaissis vers le milieu sous la base du I. Les milieux des plateaux sont à l'aplomb des rails et leurs extrémités sont repliées vers le bas de façon à présenter quatre surfaces verticales suffisantes pour empêcher tout déplacement transversal.

L'attache se compose d'une sellette à mâchoires *rivée* sur la traverse. Ce rail est claveté dans les mâchoires de la sellette. La clavette, fendue sur une grande partie de sa longueur, est ouverte après la pose dans la partie de sa pointe qui déborde la sellette, de manière à rendre im-

possible le desserrage sous l'action des vibrations dues au passage des trains. Il convient d'ailleurs de remarquer qu'avec l'inclinaison de 1/50 donnée à la clavette, le desserrage par vibrations semble difficile.

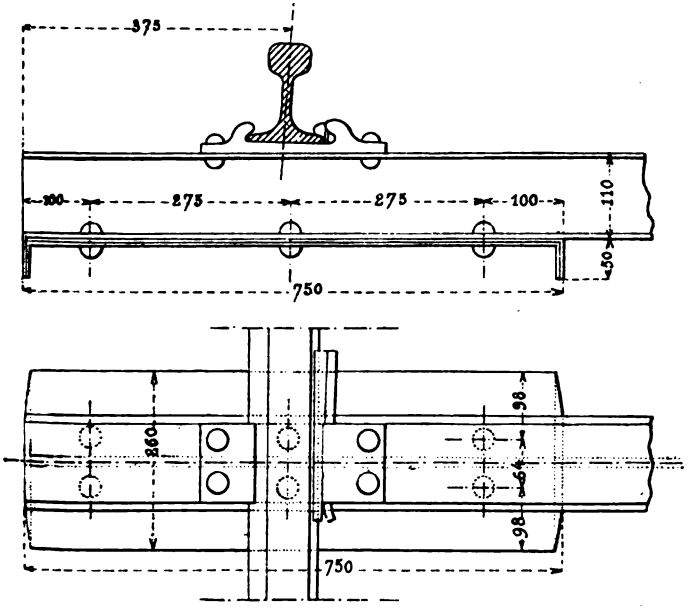


Fig. 141. — Traverse Séverac. Plan et élévation $\left(\frac{1}{104}\right)$.

Les clavettes sont posées à l'intérieur de la voie et permettent par conséquent une surveillance facile.

Ce mode d'attache, qui rend la pose de la voie très rapide et permet de remplacer avec la plus grande facilité un rail ou une traverse, semble offrir un intérêt tout particulier au point de vue des voies provisoires de campagne.

Type Boyenval et Ponsard. — Nous signalerons enfin le type de traverse cannelée proposé par MM. Boyenval et Ponsard (fig. 142).

Le corps de la traverse est formé par une barre de profil

constant représentant l'accouplement de deux U renversés ayant chacun la forme d'un fer Zorès. Sur la face supérieure et à l'écartement de la voie sont rivées deux platines d'inclinaison servant à recevoir le patin des rails Vignole ou les coussinets des rails à double champignon. Dans ce dernier cas, les platines ne portent pas d'inclinaison, puisque celle-ci se trouve dans les coussinets.

La véritable particularité du système consiste dans le

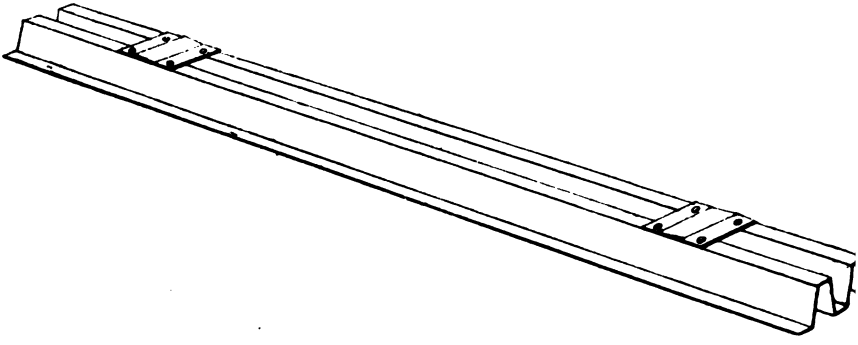


Fig. 142. — Traverse Boyenval et Ponsard. Vue perspective.

mode d'attache du rail; celui-ci est fixé sur sa platine au moyen de tire-fonds qui s'engagent dans un coin en bois introduit sous la platine dans la rainure du milieu formée par l'écartement des deux U renversés. Le coin remplit l'office d'écrou pour les tire-fonds.

§ 2. — MATÉRIEL FIXE.

X. — APPAREILS DE MANŒUVRE « A DISTANCE » DES AIGUILLES ET SIGNAUX.

1° Système hydrodynamique de MM. Bianchi et Servettaz.

MM. Bianchi et Servettaz emploient, pour le transport à distance de la force nécessaire à la manœuvre des ai-

guilles et signaux, l'eau sous pression comprimée à 50 atmosphères par le piston d'un accumulateur hydraulique. Cette eau est additionnée d'une certaine proportion de glycérine qui la rend incongelable et permet le bon fonctionnement des appareils, même par les plus grands froids.

Pour les détails d'installation des mécanismes de ce système, nous renvoyons à la *Revue générale des chemins de fer* (n° d'avril 1889).

On se bornera à donner ici une description schématique des communications hydrauliques appliquées à la manœuvre des aiguilles (fig. 143).

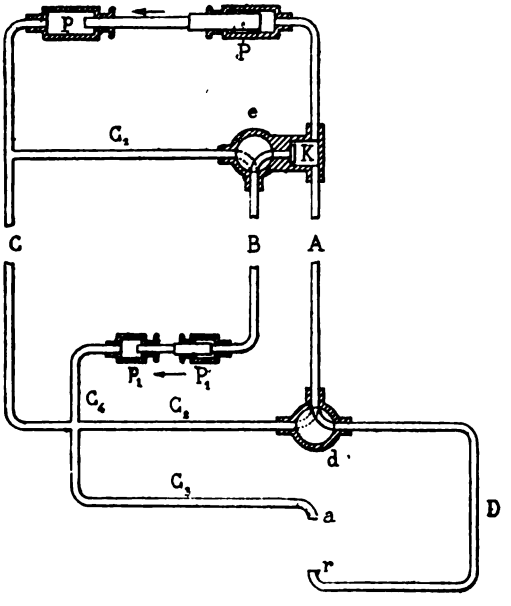


Fig. 143. — Schéma de la transmission hydraulique pour manœuvre de signaux.

Un piston plongeur *p*P, disposé près de l'aiguille à manœuvrer, coulisse dans deux corps de pompe ; l'un d'eux *p* est en *communication constante* avec l'eau sous pression de l'accumulateur par une conduite C ; l'autre P peut

à volonté, au moyen d'un tiroir *d* situé dans la cabine de l'aiguilleur et dont le fonctionnement est lié à celui du levier de manœuvre de l'aiguille, être mis en communication avec l'eau sous pression ou avec un bac de décharge *r*.

Cette dernière disposition, qui est celle représentée par la figure 143, correspond à la position *normale* de l'aiguillage ; le piston pressé seulement par son extrémité *p* est engagé à fond de course dans le cylindre P. Si l'on vient à renverser dans la cabine le levier de manœuvre, le tiroir distributeur *d* (position pointillée) met en communication la conduite A avec la conduite C; la pression de 50 kg s'exerce alors dans les deux cylindres ; mais, comme la section P du piston est plus grande que sa section *p*, il se met en mouvement dans le sens de la flèche, et c'est ce mouvement qui, au moyen de liaisons mécaniques convenablement agencées, déverrouille les lames d'aiguilles, les change de position et les reverrouille dans leur nouvelle position.

Dès que cette dernière opération est effectuée et que le changement de voie se trouve bien calé dans sa nouvelle position, le piston *p*P, continuant sa course, provoque mécaniquement la manœuvre d'un tiroir *e* installé dans son voisinage sur un branchement de la conduite C, amène ce tiroir dans la position indiquée en pointillé, mettant ainsi en communication avec l'eau sous pression la conduite B, dite de contrôle en retour, et provoquant par suite le mouvement d'un second piston p_1 P_1 analogue au premier et établi dans la cabine sur un branchement de la conduite C. Le mouvement de ce piston est utilisé pour dégager un cran d'arrêt qui s'opposait jusque-là au renversement *complet* du levier de manœuvre ; celui-ci peut être amené à fin de course et dégager sur la table d'enclenchement tous les leviers avec lesquels il est enclenché. Le piston p_1 P_1 n'indique donc pas seulement que l'aiguillage a bien fonctionné, il fournit encore un contrôle impératif et effectif ; si, en effet, pour une raison

quelconque, l'aiguille reste entre-bâillée et ne vient pas se caler dans sa nouvelle position, le piston contrôleur p_1P_1 ne fonctionne pas; le levier de manœuvre ne peut, par suite, être amené à fin de course et s'oppose par conséquent au dégagement de tous les leviers dont la manœuvre est subordonnée par l'enclenchement à son fonctionnement préalable.

Lorsque, pour replacer l'aiguillage dans sa position normale, on redresse le levier de manœuvre, le distributeur *d* établit la communication entre la conduite A et le bac de décharge; le piston *p*P n'étant plus pressé que sur son extrémité P revient en arrière en entraînant les lames d'aiguilles; vers la fin de son mouvement rétrograde, quand ces lames sont recalées dans leur position normale, il provoque mécaniquement la manœuvre du tiroir *e* qui rétablit alors la communication de la conduite B avec le bac de décharge par l'intermédiaire de la conduite A; le piston contrôleur p_1P_1 revient à son tour en arrière, dégage un cran d'arrêt qui s'opposait au relèvement *complet* du levier de manœuvre et permet d'amener alors celui-ci à fin de course.

Le clapet K, qui, dans la première manœuvre, isole la conduite de retour B entre le moment où la conduite A est mise sous pression et celui où le distributeur *e* fonctionne, s'ouvre au contraire lors de la manœuvre inverse pour livrer passage au liquide refoulé dans la conduite du contrôle de retour par le mouvement rétrograde du piston p_1P_1.

Les cabines des installations hydrodynamiques sont organisées de la façon suivante: les accumulateurs sont au rez-de-chaussée, les leviers et la manivelle de la pompe de remplissage de l'accumulateur sont à l'étage; c'est l'aiguilleur lui-même qui, dans la plupart des installations déjà faites, alimente les accumulateurs. Ceux-ci ont une capacité de 5, 10 et 20 litres, suivant l'importance du poste : un litre de liquide peut suffire pour 10 à 12 mouve-

ments de leviers ; en une minute, l'aiguilleur refoule un litre dans l'accumulateur.

On évalue la perte du liquide par les joints, les presse-étoupes, etc., à un litre par jour et par 1 000 m de tuyaux.

Plusieurs postes de ce système sont déjà installés, ou en cours d'installation en Italie sur les réseaux de la Méditerranée et de l'Adriatique (à Rome, Pise, San-Pier-d'Arena, Zappata, Crocetta, Morgano, etc., etc.).

En France, les Compagnies d'Orléans et du P.-L.-M. en font installer à titre d'essai dans les gares de Bourges et de Nice.

2° Aiguillages mus par transmissions « funiculaires ».

En raison de leur prix d'installation relativement peu élevé, les transmissions par fils, employées déjà de longue date à la manœuvre des signaux, ont reçu depuis quelques années, tant en France qu'à l'étranger, de nombreuses applications dans la manœuvre des aiguillages à distance.

En Hollande, en Autriche et en Allemagne, les systèmes funiculaires Asser et Thaurel, Rothmüler et Siemens-Halske sont d'un usage courant. Aucun de ces systèmes ne figurait à l'Exposition ; mais on en trouvera, si on le désire, une étude détaillée dans les nos de janvier et avril 1886 et octobre 1888 de la *Revue générale des chemins de fer*.

En France, la Compagnie du Nord a fait de ces systèmes des essais très satisfaisants ; toutefois elle en a limité l'emploi aux voies accessoires. Tandis que les chemins de fer de l'État et les Compagnies d'Orléans et du P.-L.-M. ont mis en service, même sur leurs voies principales, un grand nombre d'aiguillages à transmission funiculaires de types spéciaux qui étaient représentés au Champ-de-Mars et dont on va dire quelques mots.

Modèles des chemins de fer de l'État. — Les chemins de fer de l'État possèdent deux modèles d'aiguillages mus par fils ; l'un (modèle A), employé sur les voies principales,

est muni d'un signal d'aiguille, d'un verrou et d'un enclenchement avec un signal de protection ; l'autre (modèle B), réservé pour les voies accessoires, ne comporte ni signal, ni verrou, ni enclenchement. L'un et l'autre permettent d'ailleurs la manœuvre de l'aiguille sur place, indépendamment de la manœuvre à distance.

Ces appareils sont dérivés du type Asser, qui est basé, comme on sait, sur l'emploi d'un excentrique pour la production des déplacements des lames d'aiguillage.

L'excentrique, mobile autour d'un axe vertical O (fig. 144)

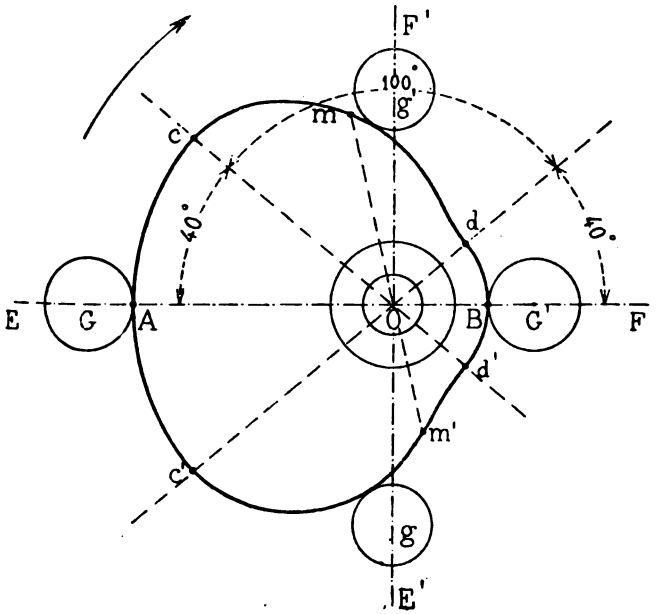


Fig. 141. — Excentrique de la transmission funiculaire pour aiguillages des chemins de fer de l'État.

sur lequel il est calé, est formé de deux arcs de cercles concentriques *cc'*, *dd'* raccordés par deux courbes symétriques *cd*, *c'd'*.

Modèle A. — Dans le modèle A, cet excentrique actionne,

par l'intermédiaire de galets G, G', g, g', deux barres d'excentriques EF, E'F'; la première de ces barres, établie en prolongement de la tige de connexion des aiguilles (fig. 145 et 146), provoque le déplacement de celle-ci; la se-

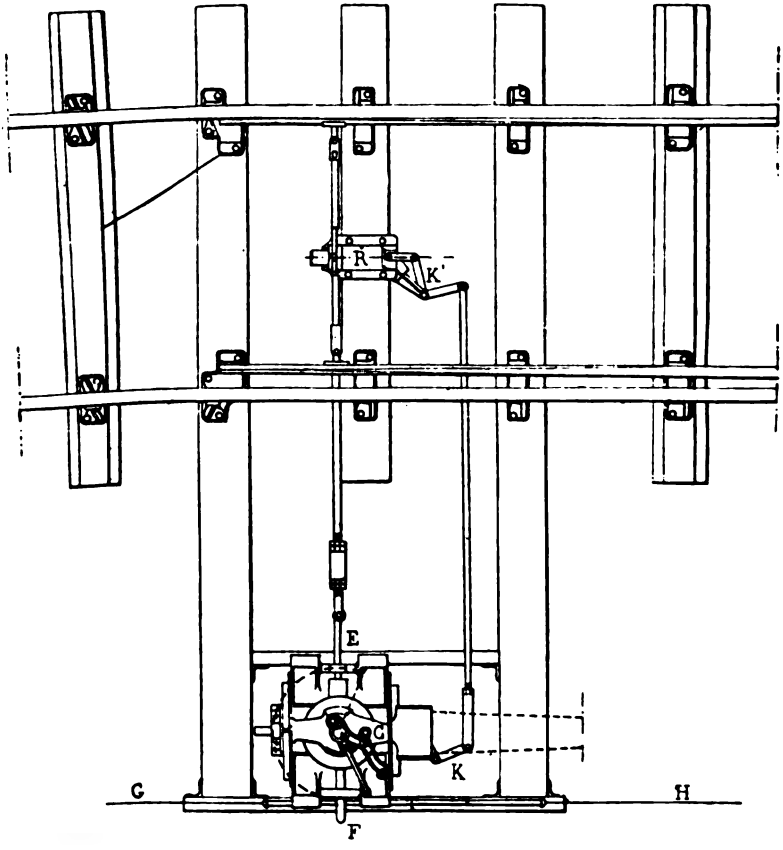


Fig. 145. — Plan du mécanisme d'aiguillage ($\frac{1}{40}$).

conde, perpendiculaire à la première, renvoie par une double équerre K, K' son mouvemant au verrou R qui s'engage dans l'une ou l'autre des deux mortaises pratiquées dans la tige de connexion.

A la seule inspection de la fig. 144, on reconnaît facilement que dans la première phase du mouvement de l'excentrique l'aiguille est décalée et déverrouillée ; que, dans la seconde phase, les lames d'aiguille sont déplacées, pendant que le verrou reste dégagé, et qu'enfin, dans la troisième phase, l'aiguillage est recalé et reverrouillé dans sa nouvelle position.

Quand on veut renverser l'aiguille pour la ramener dans sa position primitive, on imprime à l'excentrique un mouvement symétrique du premier en le faisant tourner en sens inverse de la flèche.

Les phases du mouvement de l'excentrique sont traduites en signes visibles à distance par un signal d'aiguilles dont le mât, parallèle à l'axe de rotation de l'excentrique et porté par le même bâti, reçoit son mouvement de rotation d'un bouton entraîné par l'axe de l'excentrique, et qui coulisse dans la rainure d'une came horizontale *c* calée sur l'arbre du signal.

Le mouvement alternatif de rotation de l'arbre de l'excentrique peut être obtenu soit par le levier de manœuvre placé à distance, soit par une manivelle calée sur l'appareil, grâce aux dispositions ci-après.

Une serrure S (fig. 146) est fixée à un plateau P′ *calé* sur l'arbre de l'excentrique. Dans la position de fermeture le pène de cette serrure s'engage dans une gâche pratiquée sur la face supérieure d'une poulie à deux gorges P, *folle* sur l'arbre, et sur laquelle s'enroulent les chaînes qui terminent les deux fils de la transmission. Cette poulie est alors embrayée et l'aiguille peut être manœuvrée à distance. Si, au contraire, on ouvre la serrure, la poulie P redevient folle et, par conséquent, impuissante à transmettre à l'excentrique le mouvement des fils, tandis que le pène, en se relevant, fait remonter par l'intermédiaire d'un doigt un manchon à dent N qui coulisse à rainure sur l'arbre et vient embrayer la douille d'une manivelle M *folle* sur cet arbre, comme la poulie à deux gorges. On peut

alors manœuvrer l'aiguillage directement au moyen de la manivelle.

Une serrure S', identique à la serrure S et ne pouvant être ouverte qu'avec la même clef, est fixée sur le support du levier de manœuvre (fig. 147). Quand ce levier est à l'extrémité de sa course qui correspond à la position normale de l'aiguillage, le pène de la serrure peut, en se fermant, l'immobiliser. Or, d'autre part, la clef commune

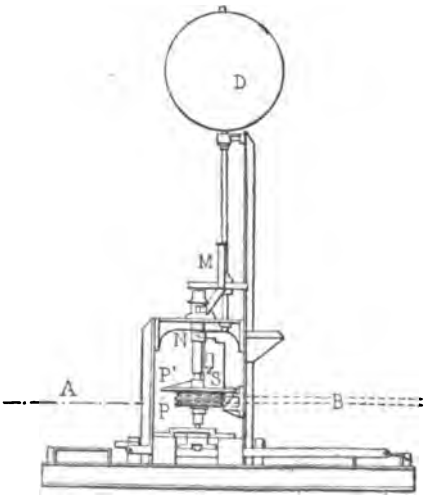


Fig. 146. — Élévation du mécanisme d'aiguillage.

aux deux serrures ne peut être retirée ou introduite dans ces serrures que quand elles sont *fermées*. Il résulte évidemment de ces dispositions que, lorsqu'on peut manœuvrer le levier de la transmission à distance, c'est que la clef est engagée dans la serrure de ce levier; nécessairement alors la serrure S est fermée, et par suite la manivelle M est folle; on n'a donc pas à redouter qu'une manœuvre sur place ne vienne contrarier la manœuvre à distance.

Inversement, si la manœuvre sur place est possible, c'est que la manivelle M est embrayée; la serrure S est

donc ouverte ; nécessairement alors la clef est engagée dans cette serrure et, par conséquent, la serrure S′ est fermée, le levier est immobilisé et la manœuvre à distance paralysée.

Enfin, quand la clef est dans le bureau du chef de gare, les deux serrures sont nécessairement fermées ; aucune manœuvre n'est possible et les appareils peuvent être considérés comme cadenassés.

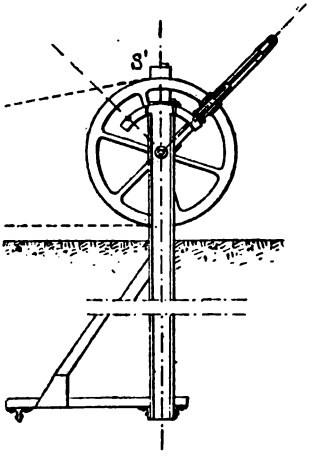


Fig. 147. — Levier de manœuvre.

L'enclenchement de l'appareil avec un signal de protection est réalisé au moyen d'une tringle à encoche T intercalée sur le parcours de la transmission du signal et qui coulisse en avant d'un prolongement F de la barre d'excentrique.

Modèle B. — Le modèle B ne comporte, avons-nous dit, ni verrou, ni signal indicateur d'aiguille, ni enclenchement. Toutes les pièces mécaniques correspondant, dans le modèle A, au fonctionnement de ces organes sont donc supprimées.

En outre, l'embrayage de l'arbre de l'excentrique avec la poulie à double gorge et avec la manivelle est simplifié. La serrure S est supprimée ; son pène est remplacé par un taquet boulonné sur le plateau P′. Celui-ci, au lieu d'être

calé, comme dans le modèle A, sur l'arbre de l'excentrique, coulisse à rainure sur cet arbre et fait corps avec le manchon à dent destiné à embrayer la douille de la manivelle.

Normalement le plateau P′ est maintenu par un contrepoids dans sa position inférieure ; c'est-à-dire que la poulie folle est embrayée et que l'appareil est disposé pour la manœuvre par fils. Quand l'aiguilleur veut faire une manœuvre sur place, il appuie sur une pédale qui, par un renvoi de mouvement, fait remonter le plateau P′ ; la poulie P redevient folle et le manchon de la manivelle est au contraire embrayé.

La manœuvre terminée, l'aiguilleur abandonne la pédale, et le plateau retombe à sa position normale.

On remarquera que ces dispositifs simplifiés ne s'opposent pas à ce qu'une manœuvre à distance puisse être faite à un moment inopportun. Mais, pour un appareil établi sur des voies secondaires et susceptible d'être fréquemment manœuvré sur place, c'est là un inconvénient sans grande importance, eu égard aux avantages que l'on retire d'un embrayage plus simple et plus rapide.

Les appareils des deux modèles peuvent indifféremment être mis en mouvement par des transmissions à terre ou aériennes.

Ces transmissions ne comportent pas de *compensateur*. Au moment de la pose de l'appareil, les fils reçoivent une tension initiale telle que, même aux températures les plus élevées, ils conservent encore, malgré la dilatation, la raideur qui convient pour que la manœuvre se fasse régulièrement.

Pour un fil de nature et de section déterminées, la tension initiale, qui est d'ailleurs fournie par un barême, dépend de la longueur de la transmission et de la température à laquelle s'effectue la pose. Quant à la nature et à la section du fil, elles doivent être déterminées par la condition que, d'une part, l'allongement accidentel dû à la

manœuvre ne soit pas trop considérable et que, d'autre part, la contraction qui se produit dans la transmission par les plus grands froids ne développe pas sur les divers organes des appareils des tractions trop violentes.

Les chemins de fer de l'État emploient des fils d'acier dont la limite d'élasticité est de 70 kg par mm², et dont l'allongement est de 2,5 mm par mètre sous une tension de 50 kg par mm². Le diamètre des fils est de 3,9 mm pour les transmissions dont la longueur ne dépasse pas 500 m. Au delà, il convient d'adopter un diamètre de 5 mm, de manière à limiter à 4 ou 5 cm l'allongement accidentel dû à la manœuvre.

Modèle de la Compagnie d'Orléans. — L'aiguillage à transmission funiculaire en service sur le réseau de l'Orléans peut, comme les modèles de l'État, être manœuvré à distance ou sur place.

Cette double manœuvre s'obtient par le dispositif suivant qui rappelle celui de certains enclenchements conditionnels.

La tige de manœuvre de l'aiguille est articulée en un point *c* d'une tige *ab* (fig. 148), dont les extrémités sont reliées par des articulations à coulisse, d'une part en *a*, avec la tringle d'un levier ordinaire de manœuvre sur place dont le contrepoids est normalement rivé et cadenassé, d'autre part, en *b*, avec l'une des extrémités d'une double équerre *d* actionnée par la transmission funiculaire. Le déplacement qui produit la manœuvre de l'aiguille est obtenu par la rotation de la barre *ab*, soit autour de *a*, soit autour de *b*, suivant qu'on actionne l'équerre par sa transmission ou qu'on soulève le contrepoids de l'aiguille.

Dans ces deux positions l'aiguillage peut être verrouillé par un verrou Saxby à deux gâches, pour permettre le passage en vitesse sur l'aiguille prise en pointe. Le verrou est manœuvré par un levier et une transmission funiculaire distincts de ceux de l'aiguillage ; il est d'ailleurs rendu

solidaire du mât avancé qui couvre la station par l'emploi d'un double volant D analogue à celui qui figure dans « l'appareil de verrouillage à distance » dont la description figure au numéro du mois de mai 1882 de la *Revue générale des chemins de fer*.

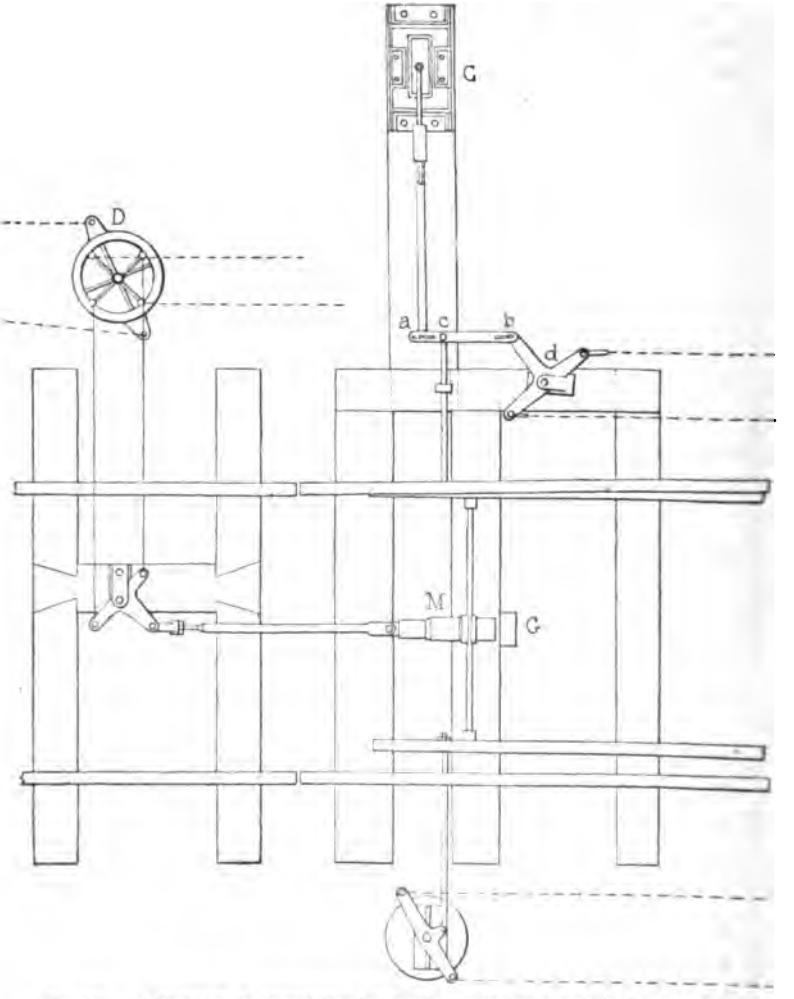


Fig. 148. — Manœuvre de l'aiguillage à transmission funiculaire de la Compagnie d'Orléans. Plan ($\frac{1}{40}$).

Le verrouillage ouvre le mât, le déverrouillage le ferme.

Un mâtereau peint en bleu, placé à côté du croisement et solidaire de l'aiguille, sert de signal indicateur de la position de cette aiguille : il est d'ailleurs utilisé pour interdire l'accès intempestif de l'aiguille prise en talon. A cet effet, il est muni de pétards.

Enfin le contrôle du verrouillage de l'aiguille est obtenu au moyen d'un appareil électrique G actionné par le pène du verrou et qui fournit à la fois un signal optique et un signal acoustique. Quand le verrou est fermé, l'index d'un indicateur placé à côté du poste de l'aiguilleur se maintient sur le mot « *calée* » ; quand le verrou est ouvert, l'index passe au mot « *libre* », et une sonnerie trembleuse se met à tinter.

Les transmissions sont établies avec des fils d'acier de 4 mm de diamètre.

Le levier de manœuvre entraîne avec lui une poulie de 0,50 m de diamètre, sur laquelle s'enroule une chaîne attachée aux extrémités des deux fils. Un contrepoids fixé près de la poignée sert de *compensateur* de dilatation. Dans ses deux positions extrêmes, le levier n'est donc maintenu que par le contrepoids et ne vient pas, comme dans les appareils de l'État, s'engager dans des encoches de position invariable.

Modèle de la Compagnie P.-L.-M. — La Compagnie P.-L.-M. a fait installer à titre d'essai, dans les gares de Montchanin et de Brunoy, des aiguillages à transmission funiculaire, dans lesquels les fils partant du levier de manœuvre sont reliés, au voisinage du changement, à deux bras d'une équerre à quatre bras pouvant se déplacer sur un chemin de roulement situé à deux mètres environ au-dessus de sol (fig. 149) ; des deux autres bras de l'équerre descendent deux fils ou deux chaînes commandant une équerre inférieure à trois bras, reliée à l'aiguille par une tringle rigide ; l'équerre supérieure à quatre bras est montée sur un cha-

riot auquel s'attache un contrepoids servant à tendre les fils et à neutraliser les effets produits par les variations de température. Pendant la manœuvre, les équerres seules sont actionnées et communiquent leur mouvement à l'ai-

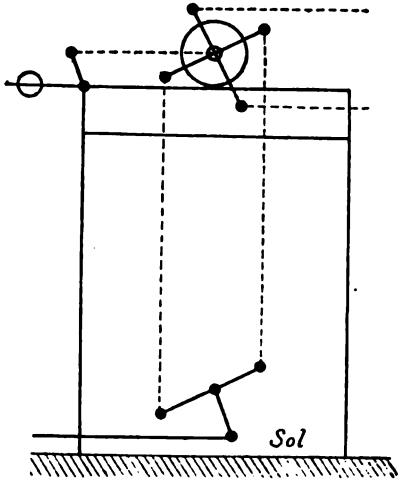


Fig. 149. — Manœuvre de l'aiguillage à transmission funiculaire de la Compagnie P.-L.-M. — Élévation schématique.

guille, le chariot et son contrepoids demeurent immobiles; quand l'aiguille est arrêtée par un obstacle, l'aiguilleur en est averti par le supplément d'effort qu'il doit faire pour soulever le contrepoids de tension.

3° Manœuvres d'aiguillage par l'électricité.

La manœuvre des appareils de la voie, par transmissions rigides ou funiculaires, présentent, particulièrement aux grandes distances et en courbe, certains inconvénients dont les principaux sont le prix élevé des transmissions et les difficultés qu'on éprouve, principalement en temps de neige ou de gelée, à la manœuvre des leviers, manœuvre qui exige souvent un effort musculaire considérable.

La substitution des fluides sous pression aux transmissions mécaniques, comme dans l'appareil hydrodynamique de MM. Bianchi et Servettaz, supprime au moins le second inconvénient, puisqu'elle permet à l'aiguilleur d'accumuler *à loisir*, dans l'intervalle des manœuvres, le travail qui doit être dépensé brusquement au moment de leur exécution.

L'emploi de l'électricité paraît plus simple encore que celui de l'eau, en ce sens qu'il permet de supprimer complètement les efforts musculaires de l'aiguilleur, en leur substituant un véritable réservoir de travail.

L'électricité permet en outre, pour les aiguilles, de réaliser facilement avec de faibles frais d'installation le problème du verrouillage et du contrôle des lames.

Ce mode de manœuvre était représenté à l'Exposition par un appareil dont voici la description sommaire extraite textuellement de la « Notice sur les objets exposés par la Compagnie du Nord ». Cet appareil consiste dans une petite machine électrique placée dans l'axe de la voie, un peu en contre-bas des traverses et faisant tourner un axe perpendiculaire à la voie, à l'extrémité duquel sont deux vis héliçoïdales qui commandent des doigts solidaires des lames de l'aiguille.

Lorsque la machine tourne dans un sens ou dans l'autre, selon le sens du courant qu'on y envoie à l'aide d'un commutateur, les rainures des deux vis, dans leur mouvement de rotation, forcent les doigts et par conséquent les lames à se déplacer transversalement. A la fin de la course, des taquets viennent caler exactement les lames appliquées contre les rails contre-aiguilles.

Des contrôleurs du type ordinaire, adaptés à la pointe de l'aiguille, ne basculant que quand le déplacement des lames est complet, sont disposés de manière que le circuit de la batterie d'accumulateurs constituant la source d'électricité ne soit en communication qu'avec la manœuvre de l'aiguille et ne déclenche les autres leviers du même poste

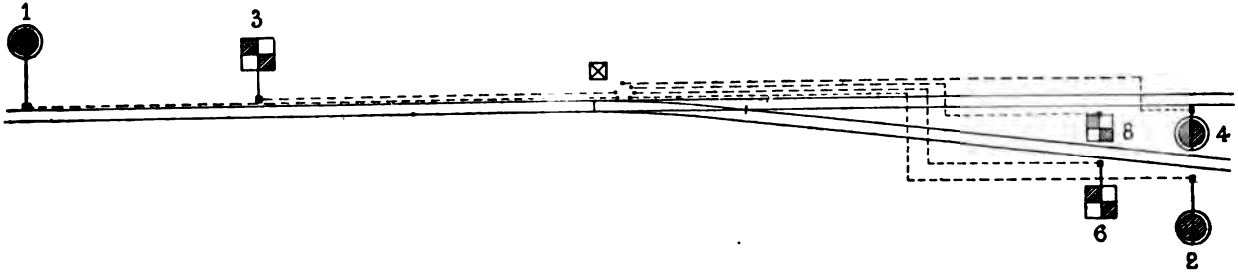


Fig. 150. — Enclenchements de signaux système Gourguechon. Plan d'ensemble.

Enclenchements de signaux système Gourguechon.

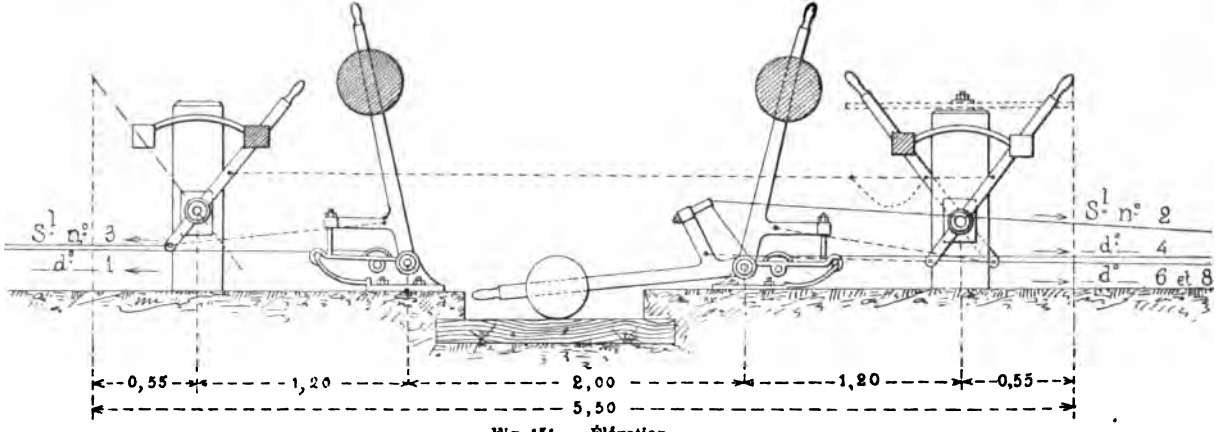


Fig. 151. — Élévation.

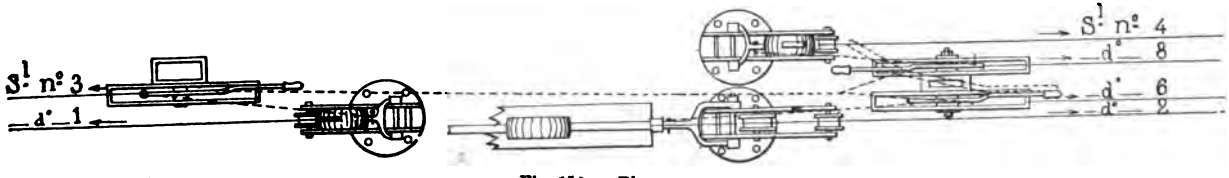


Fig. 152. — Plan.

que quand le contact des lames est parfait. On réalise donc le contrôle impératif en retour comme dans la plupart des appareils récemment combinés pour l'enclenchement et le verrouillage des aiguilles.

XI. — ENCLENCHEMENT ÉCONOMIQUE DE SIGNAUX SYSTÈME GOURGUECHON.

Les enclenchements système Gourguechon, qui sont employés en particulier sur certains points du réseau de l'État français, paraissent, en raison de leur grande simplicité, devoir rendre de réels services dans les installations rapides du temps de guerre.

Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, des renseignements sur l'application de ce système à une bifurcation (fig. 150, 151 et 152). Ces renseignements sont extraits textuellement de la « Notice sur le matériel de la voie et de l'exploitation » rédigée par l'administration des chemins de fer de l'État à l'occasion de l'Exposition.

Les relations d'enclenchement sont établies entre les trois signaux d'arrêt absolu 3, 6, 8 et les trois signaux avancés correspondants 1, 2, 4 d'une bifurcation.

L'enclenchement réciproque de deux leviers de signal d'arrêt absolu, contigus et montés sur un même support, est obtenu à l'aide d'une barre coudée horizontale qui peut pivoter sur la tête du support (fig. 151 et 152). Quand on manœuvre l'un des deux leviers, la barre tourne et la branche opposée vient se placer sur l'autre levier de manière à l'immobiliser.

L'enclenchement de deux leviers de signaux d'arrêt absolu est obtenu au moyen d'une chaîne qui se bifurque dans le cas de trois leviers.

Les leviers des signaux avancés sont enclenchés par des chaînes, comme les leviers non contigus des signaux d'arrêt absolu.

On peut réaliser entre un nombre quelconque de signaux

les conditions d'enclenchement les plus élémentaires : celles où un signal ouvert enclenche les autres fermés. On peut également employer l'appareil pour enclencher une aiguille avec les signaux qui la couvrent.

Les avantages que présente ce système sont les suivants :

Il n'est pas d'une rigueur mathématique, puisqu'en faisant un effort sur la chaîne on peut déplacer un levier de sa position extrême ; mais il rend impossible toute erreur dans la manœuvre, ce qui est le véritable but des enclenchements. Il a le grand avantage de ne coûter presque rien et de pouvoir être installé en quelques heures, y compris la fabrication des appareils. Ces facilités rendent de grands services pour l'installation d'enclenchements provisoires dans les gares en voie de transformation, pour l'enclenchement des aiguilles d'entrée des voies d'accès aux ballastières.

§ 3. — LOCOMOTIVES.

En ce qui concerne le matériel de traction, il convient de signaler chez les constructeurs et les Compagnies de chemins de fer une tendance assez marquée à l'application du système « compound » aux locomotives.

Cette application, motivée par des considérations d'ordre purement économique, présente néanmoins quelque intérêt au point de vue militaire, car elle complique, ou tout au moins modifie dans une certaine mesure, les organes de mise en marche des machines et introduit dans la manipulation de ces organes quelques difficultés, avec lesquelles peuvent se trouver aux prises les mécaniciens militaires qui seraient, en temps de guerre, chargés de la conduite de locomotives compound.

Dans certaines de ces locomotives, les distributions des cylindres à haute pression et des cylindres à basse pression sont liées l'une à l'autre de manière à être commandées par un seul appareil de changement de marche, mais avec faculté de faire varier l'une indépendamment de l'autre.

A cette catégorie se rapporte la locomotive compound à quatre cylindres exposée par la compagnie du Nord.

Cette machine dérive du type déjà ancien de locomotives à grande vitesse à quatre roues couplées avec essieu porteur ou bogies à l'avant et à cylindres intérieurs. La liaison des distributions est obtenue à l'aide de dispositifs mécaniques analogues à ceux qui ont été employés par M. A. Mallet sur les locomotives du chemin de fer de Bayonne à Biarritz et qui sont connus.

Dans d'autres machines, on trouve deux appareils de changement de marche absolument distincts, l'un pour les petits cylindres, l'autre pour les grands.

La machine compound à *trois* cylindres, de la Compagnie du Nord, se rattache à ce type. Dans cette machine, les trois cylindres, l'un intérieur à haute pression, les deux autres extérieurs à basse pression, sont disposés transversalement sur la même ligne et attaquent le même essieu. Les cylindres extérieurs sont munis d'une distribution système Walschœrt avec changement de marche ordinaire à vis. Quant au cylindre à haute pression, il possède une distribution toute spéciale basée sur le principe de la détente Meyer et dont la manœuvre est commandée par un levier qui se meut sur un secteur à crans le long de la tôle de rampe.

Cette distribution est combinée de telle façon que, pour l'une des positions extrêmes du levier de manœuvre, la vapeur arrive simultanément sur les deux faces du piston du cylindre intérieur, qui se trouve ainsi annulé; de plus, la vapeur de la chaudière arrive directement aux cylindres extérieurs, après avoir passé dans le réservoir intermédiaire, et la machine fonctionne alors comme une locomotive ordinaire.

Ainsi donc, cette machine peut marcher indifféremment comme locomotive compound et comme locomotive ordinaire. Cette faculté ne s'applique d'ailleurs qu'à la marche en avant; car, pour la marche en arrière, le tiroir-taquet

de la distribution du cylindre intérieur doit nécessairement être placé dans la position qui donne l'admission directe aux cylindres extérieurs, et la machine ne peut dans ce cas fonctionner en compound.

Enfin, une troisième disposition consiste à n'avoir qu'un seul appareil de changement de marche, qui actionne simultanément les deux distributions en maintenant entre elles, pour toutes les conditions de marche, un rapport voulu, déterminé d'avance par des considérations rationnelles et indépendant de la volonté du mécanicien. C'est la disposition qui a été adoptée en particulier par M. Henry sur les locomotives compound du P.-L.-M. Nous donnons ci-après la description du changement de marche de ces machines (fig. 153) extraite textuellement de la « Note sur les locomotives compound P.-L.-M. » rédigée par M. Ch. Baudry, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction de ladite Compagnie. Ce qui le caractérise, c'est l'emploi de deux cames *c* et *c'*, montées sur un même arbre horizontal AB, qui commandent les deux barres de relevage D et D' des coulisses, et dont les profils sont tracés de manière à maintenir entre les deux distributions le rapport voulu.

Sur l'arbre porte-cames est claveté un pignon qui engrène avec la vis sans fin E conduite directement par le mécanicien.

D'autre part, sur le cadre-guide qui sert d'intermédiaire entre chaque came et la barre de relevage correspondante, est attelée la tige de piston d'un contrepoids de vapeur.

Ce contrepoids de vapeur est analogue à celui qui est employé depuis 1880 au chemin de fer P.-L.-M. et qui a été décrit dans le numéro de juillet-août 1881 des *Annales des mines*. Il est formé d'un cylindre F, dans lequel se meut le piston qui agit sur le cadre du changement de marche, et d'un distributeur G en forme de papillon, qui envoie la vapeur du côté du piston où son action est utile pour seconder le mécanicien. Afin que la vapeur agisse tou-

jours dans le sens voulu, c'est le volant du mécanicien qui commande le papillon et qui l'ouvre dans un sens ou dans l'autre, avant d'agir sur la vis sans fin E, chaque fois qu'on commence à le tourner vers la droite ou vers la gauche.

A cet effet, le volant n'est pas claveté sur son arbre, mais il forme écrou sur son extrémité filetée, de sorte qu'il avance ou recule sans l'entraîner quand on le fait tourner

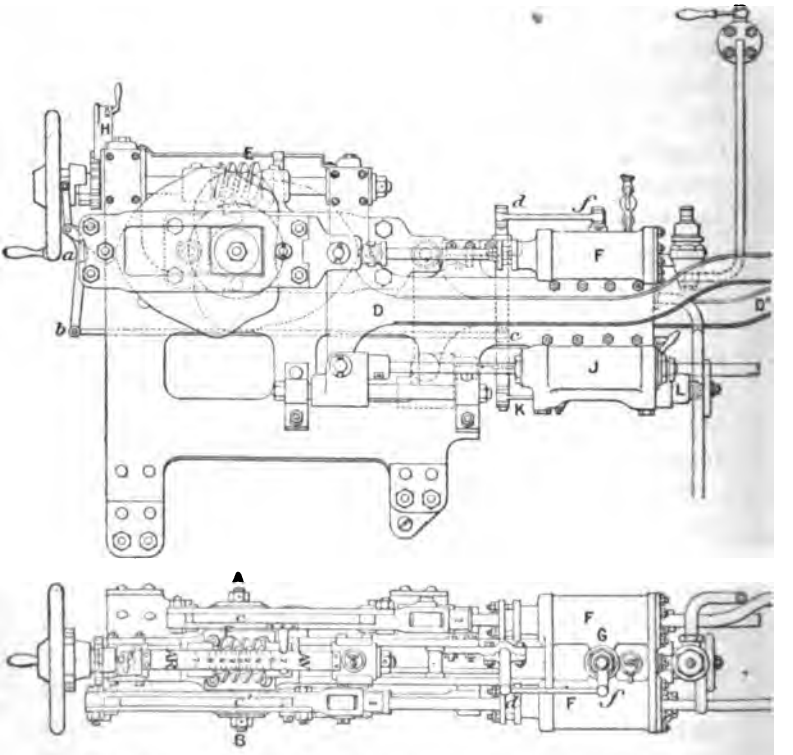


Fig. 153. — Changement de marche des locomotives compound P.-L.-M. Élévation et plan.

dans un sens ou dans l'autre. C'est ce mouvement relatif qu'on utilise pour ouvrir le distributeur par l'intermédiaire des tringles et leviers *ab*, *bc*, *df*.

Une fois le distributeur ouvert, le volant rencontre un toc, porté par son arbre, et au moyen duquel il entraîne cet arbre dans sa rotation ultérieure. Les cames agissent alors sur les barres de relevage ; mais, grâce à l'ouverture antérieure du distributeur, la vapeur introduite dans les cylindres F agit dans le même sens que les cames et facilite par conséquent la manœuvre.

Une fois la manœuvre finie, un léger mouvement de rotation en arrière ramène le volant à égale distance de ses deux tocs, où il reste maintenu par une olive à ressort. Dans cette position, la vapeur n'arrive plus aux cylindres F, et les cames et barres de relevage sont abandonnées à elles-mêmes. Pour fixer ces dernières au point où la manœuvre les a amenées, on verrouille séparément les cames et leurs cadres, afin d'éviter les matages qui, sans cette précaution, se produiraient entre ces pièces.

Le verrouillage des cames se fait, comme dans tous les changements de marche P.-L.-M. à contrepoids de vapeur, au moyen d'un verrou en fer H sur lequel le mécanicien agit par une poignée à ressort et qu'il engage dans les encoches d'un pignon porté par l'arbre de la vis sans fin. Quant au verrouillage des cadres, il se fait au moyen de deux cylindres à huile J dans chacun desquels se meut un piston attelé sur l'une des barres de relevage, et d'un papillon qui ouvre ou ferme à volonté la communication entre les deux extrémités de chaque cylindre. Quand le papillon est ouvert, l'huile peut passer sans difficulté d'une extrémité du cylindre à l'autre, et n'offre par conséquent qu'une faible résistance au déplacement du piston. Quand il est fermé, au contraire, le piston ne peut plus se déplacer, et la barre de relevage à laquelle il est attelé est maintenue immobile. Pour que cette immobilité soit absolue, il est indispensable que le cylindre reste toujours complètement plein d'huile ; à cet effet, ses deux extrémités communiquent, par l'intermédiaire de soupapes s'ouvrant de dehors en dedans, avec un petit réservoir d'alimentation

où l'huile est maintenue sous pression à l'aide d'un plongeur à ressort L.

Pour ouvrir ou fermer le verrou à huile, il n'y a qu'à ouvrir ou fermer le papillon. Cette manœuvre se fait automatiquement, au moyen de la tringle K chaque fois que le distributeur du contrepoids de vapeur s'ouvre ou se ferme, et par conséquent elle ne complique pas la manœuvre du mécanicien.

Remarquons en terminant que, bien qu'il y ait deux cylindres à contrepoids de vapeur et deux cylindres à huile, un pour chacune des bielles de relevage, il suffit d'avoir un seul distributeur de vapeur, parce que la vapeur doit agir toujours dans le même sens sur les deux pistons, et un seul papillon à huile parce que les deux verrous à huile doivent toujours être ouverts ou fermés en même temps.

CHAPITRE II.

VOIES ÉTROITES ET VOIES A CRÉMAILLÈRE.

---

§ 1er. — VOIES ÉTROITES.

Les voies étroites à traverses *dépendantes* du genre « porteur » et, en particulier, la voie Decauville de 0,60 m qui reliait l'Esplanade au Champ-de-Mars, sont examinées, tant au point de vue de leur constitution qu'au point de vue de leur matériel d'exploitation, dans la Notice rédigée par le service de l'artillerie.

Les chemins de fer à voie étroite, à traverses *indépendantes*, les seuls dont nous ayons à nous occuper ici, présentent, en ce qui concerne la voie et le matériel fixe, une

analogie complète avec les chemins de fer à voie normale et n'offraient à l'Exposition aucune particularité qu'il convienne de signaler.

Il y a lieu, au contraire, de dire quelques mots des nombreuses locomotives à voie de 1 m qui figuraient au Champ-de-Mars, car elles pourraient, le cas échéant, être utilisées pour l'exploitation des voies militaires de cet écartement.

Un grand nombre de ces machines n'ont que deux essieux et ne pèsent que 12 à 14 tonnes; elles semblent beaucoup trop légères pour assurer dans de bonnes conditions l'alimentation du secteur d'attaque dans une place importante. D'autres, au contraire, qui pèsent de 18 à 24 tonnes, seraient beaucoup mieux appropriées au service des places fortes. Parmi ces dernières on peut citer : 1° une locomotive de 18 tonnes à trois essieux couplés, construite par MM. Émile et Jules Halot, à Molembeck (Belgique); 2° une locomotive de 24 tonnes à 4 essieux, dont trois accouplés et un porteur, construite par la société « la Métallurgique » et exposée par la « Société nationale des chemins de fer vicinaux » (Bruxelles) ; 3° une locomotive à 3 essieux couplés, exposée par M. Corpet, constructeur à Paris; 4° une locomotive de 22 tonnes à 3 essieux couplés, construite par la Compagnie Fives-Lille pour les chemins de fer de la République Argentine, etc...

Toutefois, aucune de ces machines ne paraît remplir *complètement* les conditions voulues pour l'exploitation des réseaux militaires des places. Celle qui sont à 3 essieux et à adhérence totale ont un empatement trop considérable; elles ne pourraient passer dans des courbes de rayon très réduit et ne laisseraient pas au tracé une élasticité suffisante pour se plier économiquement aux terrains accidentés sur lesquels les voies militaires auront généralement à se développer. Celles qui sont à 4 essieux, dont 3 accouplés et un porteur, ont un empatement rigide moindre et possèdent, grâce à l'emploi de boîtes radiales ou d'un

Bissel pour l'essieu porteur, une flexibilité plus considérable. Mais sur les rampes très fortes, comme celles auxquelles on devra recourir dans les places, elles présentent par rapport aux locomotives à adhérence totale une infériorité notable en ce qui concerne le rendement, c'est-à-dire le rapport du poids remorqué au poids de la machine elle-même.

Il semble qu'un type de machines étudié spécialement en vue du service que nous envisageons devrait satisfaire aux conditions générales suivantes :

1° Machine-tender à adhérence totale ;

2° Empatement très réduit de 2 m à 2,10 m, qui permettrait le passage dans les courbes de 100 m de rayon à la vitesse de 15 à 20 km, et dans les courbes de rayon minimum de 50 m en marchant au pas.

Ce rayon minimum de 50 m paraît très suffisant pour satisfaire économiquement à toutes les exigences du tracé, même dans les terrains très accidentés ;

3° Nombre des essieux 3 ;

4° Charge maximum des essieux 7 tonnes, permettant de s'en tenir, pour les rails, au poids de 18 à 20 kg le mètre.

Sur ces bases générales on pourrait construire une machine présentant à peu près les conditions principales ci-après :

Diamètre du cylindre		0,3 m
Course des pistons		0,4 m
Diamètre des roues		0,9 m
Timbre de la chaudière		10,0 kg
Surface de grille		0,6 m²
Longueur entre les plaques tubulaires		2,8 m
Surface de chauffage	du foyer	3,5 m²
	des tubes	34,5 m²
	totale	38 m²
Approvisionnement en eau		2 300 l
Approvisionnement en combustible		400 kg

Poids de la machine	vide	16 000 kg
	en service (sans approvisionnement). . . .	17 500 kg
	en service (avec maximum d'approvisionnemt).	20 500 kg
Longueur totale de la machine. . . .		5,95 m

Malgré cette longueur totale assez considérable, eu égard à la faible base d'appui de 2,10 m, la stabilité de marche serait suffisante, étant donné que l'on circulera toujours sur les réseaux des places à la vitesse très réduite de 20 ou 25 km à l'heure.

§ 2. — VOIES A CRÉMAILLÈRE.

Dans des circonstances topographiques extrêmement difficiles qui paraissent d'ailleurs ne devoir se rencontrer que très rarement dans les terrains où auront à se développer les lignes militaires, il peut se faire qu'il y ait un intérêt marqué, au point de vue économique, à substituer à la voie à simple adhérence la voie à crémaillère. Toutefois cette dernière, pour fonctionner avec sécurité, doit être installée avec une grande précision et s'accommoderait fort mal d'une construction hâtive ou d'une réparation provisoire ; elle doit donc, *à priori*, être exclue de tous les chemins de fortune que l'on établira au cours des opérations de guerre ; et, dans les réseaux militaires permanents des places fortes, sa substitution à la voie ordinaire ne paraît guère admissible qu'à la condition que les portions de ligne à crémaillère soient parfaitement à l'abri des projectiles de l'ennemi. Il faudrait, en outre, sous peine de complications très fâcheuses et de spécialisations de matériel très dispendieuses, qui feraient disparaître les avantages économiques du système, que les locomotives employées fussent *mixtes*, c'est-à-dire pussent fonctionner

sur crémaillère ou comme locomotives ordinaires, sur les parties du réseau à simple adhérence.

Sous réserve des observations ci-dessus, les lignes à crémaillère paraissent susceptibles, dans des circonstances exceptionnelles, il est vrai, d'être utilisées pour les besoins militaires. Nous dirons donc quelques mots de celles qui figuraient à l'Exposition.

Voie. — En ce qui concerne l'installation de la voie, il y a lieu de signaler les perfectionnements que M. Abt a apportés récemment à son système primitif de crémaillère et qui figuraient au Champ-de-Mars sous forme de dessins et de modèles. Ces perfectionnements ont fait l'objet d'une note très détaillée insérée dans le *Génie civil* (15 juin 1889), à laquelle nous renvoyons.

D'autre part, la « Société suisse pour la construction de locomotives et de machines » avait exposé un système de voie à double crémaillère et à dents horizontales destiné au chemin de fer du Mont-Pilate, près Lucerne. A la suite d'essais exécutés en petit, cette Société a acquis la conviction que les crémaillères Riggenbach et Abt employées jusqu'ici ne sauraient convenir à des pentes extraordinairement fortes comme celles de 48 p. 100 que l'on rencontre sur le chemin de fer du Pilate.

Ces pentes énormes, qui ont motivé l'application de la double crémaillère horizontale, ne se rencontreront jamais sur les réseaux des places fortes, et il semble que pour ceux-ci il n'y ait pas lieu de chercher autre chose que la crémaillère Riggenbach, qui est d'une construction simple et qui a donné jusqu'à aujourd'hui des résultats satisfaisants sur tous les chemins où elle a été appliquée (Righi, Ostermündingen, Wasseralfingen, Kahlenberg, Rüti, etc.).

Locomotives. — Comme locomotive mixte, on signalera celle qu'avait exposée la « Société suisse ». Pour cette machine, qui est destinée à l'exploitation de la ligne du Brünig, les constructeurs ont adopté le type de la seconde

machine d'Ostermündingen, dans laquelle l'arbre de roue dentée motrice est mis en relation d'une manière permanente par des bielles avec les essieux porteurs.

L'accouplement direct du mouvement de crémaillère avec celui de l'adhérence présente deux inconvénients : d'une part, la vitesse de translation ne peut pas, comme cela devrait rationnellement avoir lieu, être plus grande sur les voies ordinaires que sur les crémaillères ; d'autre part, s'il existe la moindre différence entre le diamètre de roulement des roues à adhérence et le diamètre primitif de la roue dentée, il se produit, aux jantes des premières, des glissements sensibles qui constituent une perte de travail et augmentent l'usure des rails et des bandages.

Ces inconvénients n'ont qu'une importance insignifiante pour une ligne comme celle du Brünig, qui ne comporte qu'un petit nombre de courts tronçons à voie normale ; ils seraient au contraire très graves pour les réseaux militaires, dont la presque totalité du développement sera à voie ordinaire, tandis que les tronçons à crémaillère seront l'exception.

Il faudrait, pour le service de ces réseaux, des machines mixtes dans lesquelles les deux mouvements par engrenage et par adhérence fussent indépendants comme cela a lieu, par exemple, sur la première machine d'Ostermündingen, ou sur celle qui figurait à l'Exposition de 1878, ou enfin comme dans la machine Abt. Cette dernière, dont on trouvera une description détaillée dans le *Génie civil* (numéro précité du 15 juin 1889), est munie de 4 cylindres, dont deux extérieurs commandent les roues à adhérence, et deux intérieurs actionnent les roues dentées.

En ce qui concerne l'empatement rigide, la locomotive du Brünig serait dans de bonnes conditions pour le service des places, mais elle n'a que deux essieux accouplés et son poids adhérent serait par conséquent insuffisant, si on s'en tenait à la charge de 7 000 kg par essieu, que nous avons indiquée ci-dessus comme maximum pour des loco-

motives destinées à circuler sur des voies en rails de 18 à 20 kg le mètre courant.

En résumé, si on se reporte à ce que nous avons dit au paragraphe précédent et aux observations ci-dessus, les locomotives mixtes destinées au service des réseaux militaires à voie de 1 m devraient satisfaire au programme suivant :

Poids adhérent total.

Nombre des essieux, 3.

Charge maximum de chaque essieu, 7 000 kg.

Empatement total, 2 m à 2,10 m.

Indépendance complète des mouvements par engrenage et par adhérence.

Pour terminer, on fera remarquer que la locomotive du Brünig possède 4 freins différents :

1° Un frein à air comprimé système Riggenbach, analogue à celui qui fonctionne sur les locomotives du Righi ;

2° Un frein à friction, qui actionne l'axe intermédiaire commandé directement par les pistons ;

3° Un autre frein à friction, qui actionne une roue dentée montée folle sur l'essieu porteur d'avant ;

4° Un frein continu automatique à vapeur système Klosé.

FIN DU RAPPORT.

BIBLIOGRAPHIE

Die Organisation und Ausbildung unserer Festungstruppen (L'organisation et l'instruction de nos troupes de forteresse), par A. Kindler, capitaine d'infanterie, officier instructeur de la IVe division d'infanterie (suisse) [1].

La question des troupes de forteresse est d'une solution délicate dans tous les pays. Il importe d'abord de ne pas trop affaiblir les armées de campagne, desquelles dépend le succès des batailles, et de doter cependant les forteresses de garnisons vigoureuses et sachant bien leur métier. La Suisse, qui vient de se décider à créer des fortifications au Saint-Gothard, connaît des obstacles d'un autre ordre. D'abord, à ces grandes altitudes, l'occupation permanente des ouvrages fortifiés se heurte à des difficultés considérables, en raison de la rigueur du climat. Mais, tout cela est peu de chose à côté de l'organisation de l'armée suisse; comme on le sait, elle n'est pas permanente, et se compose seulement de milices qui doivent un nombre limité de jours de présence par an.

Comment assurer, dans ces conditions, l'occupation permanente des forteresses, qui seule peut les préserver, au début des hostilités, d'un coup de main de la part d'un voisin entreprenant et dépourvu de scrupules?

Tel est le problème que s'est posé le capitaine Kindler et qu'il a cherché à résoudre avec le concours du lieutenant-colonel Affolter.

La solution qu'il propose consiste à convoquer successivement les divers éléments de la milice. Les recrues, en

1. Un volume in-8° de VII-70 pages. Frauenfeld, Huber, 1890. — Prix, broché : 2 fr.

nombre égal chaque année à 1/5 de l'effectif des compagnies actives, ont une durée d'instruction de deux mois. Après le passage dans l'élite viennent les cours de répétition, pour lesquels l'auteur demande une durée de 18 jours, et qui, suivis simultanément par 1/5 seulement de l'effectif, assurent la présence d'une garnison pendant 3 mois. L'école des cadres, suivie par les lieutenants nouvellement promus et par les sous-officiers, durera encore 5 semaines, au printemps.

En totalisant les chiffres précédents, on trouve un peu plus de six mois de belle saison pendant lesquels la forteresse sera occupée. Restent par conséquent près de 6 mois d'hiver. S'appuyant sur les résultats fournis par l'expérience, l'auteur propose d'avoir recours à des volontaires pris dans les différentes compagnies qui doivent concourir à former la garnison de guerre de l'ouvrage. Il compte, à cet effet, sur les ouvriers d'art qui sont pour la plupart condamnés au chômage pendant la mauvaise saison, et qui seront bien aises de trouver un abri et un salaire. D'ailleurs, un stage d'hiver perfectionnera l'instruction de ce noyau d'hommes, et la garnison tout entière en profitera.

Telle est, sommairement esquissée, l'économie du système du capitaine Kindler. Il repose, on le voit, sur le fractionnement des unités. La chose qui serait difficile dans les troupes d'infanterie ou d'artillerie de campagne, devient ici parfaitement possible, l'instruction de l'artilleur de forteresse étant avant tout personnelle : il faut en effet lui enseigner l'usage d'un matériel spécial, installé dans des locaux spéciaux, et pour tirer sur des points déterminés à l'avance. Tout au plus convient-il de réunir à la fois le petit nombre des hommes nécessaires au service d'une pièce.

La spécialisation, l'auteur la pousse à ses dernières limites; il propose des compagnies indépendantes, destinées chacune à un ouvrage déterminé, et d'effectif va-

riable suivant le but à atteindre et le nombre des pièces à servir. Ces compagnies sont autant d'unités tactiques, renfermant tous les éléments nécessaires à la défense, y compris 12 pionniers de place sous le commandement d'un officier du génie et une dizaine d'observateurs, signaleurs et télégraphistes.

L'auteur entre dans des développements assez étendus sur diverses questions de détail, et formule les desiderata ci-après :

Recrutement dans la région circonvoisine, le long des voies d'accès les plus directes, la mobilisation se faisant dans le fort lui-même ;

Emprunt aux professions agricoles et à celles d'art ; habillement chaud, comprenant un capuchon ; coiffure commode et basse, en feutre souple, facilitant le service des locaux cuirassés, dont la hauteur est minimum ; alimentation abondante en corps gras et hydrates de carbone, eu égard à la basse température des régions où sont établis les forts de la Suisse ; entretien du moral des hommes par les officiers et les aumôniers, ainsi qu'à l'aide de salles de lecture et de bibliothèques à créer dans chaque forteresse.

Quant à la conduite de l'instruction, l'auteur la discute avec détail. En nous bornant à ce qui concerne la partie technique, indiquons, parmi les chapitres qui doivent la composer :

la connaissance de la forteresse et de tous ses locaux, des communications intérieures et des abords ;

les manœuvres de force, transport des pièces de casemate et de tourelle et de leurs munitions ;

le service d'observation des travaux de l'ennemi et des coups de l'artillerie amie ;

enfin le service des communications par pigeons voyageurs, celui de garde, pour lequel l'auteur propose d'employer des chiens, ainsi que la chose a été faite pour la guerre de campagne.

Cette énumération suffira, nous l'espérons, pour faire ressortir l'intérêt de l'étude que le capitaine Kindler a traitée avec toute la conscience et le soin jaloux qu'apportent les Suisses aux questions concernant la défense de leur pays. L. B.

Les Poliorcétiques d'Apollodore de Damas, traduites du grec par M. E. Lacoste [1].

L'étude des machines employées par les anciens présente, en général, peu d'intérêt pour l'ingénieur moderne; il n'a guère à leur emprunter, car il dispose de moyens infiniment plus puissants et plus commodes, sinon plus simples. Tout au plus pourrait-il consulter avec quelque fruit, si elle nous avait été conservée, la relation des procédés usités par les anciens pour le transport et la mise en place des énormes masses qui constituent quelques-uns de leurs monuments. Mais les modernes n'entreprennent plus de travaux semblables, sans doute parce que l'on se préoccupe aujourd'hui, beaucoup plus que par le passé, de la question de dépense, à laquelle les monarques de l'antiquité regardaient peu lorsqu'il s'agissait de leur gloire.

L'ingénieur militaire en campagne se trouve dans des conditions différentes ; il n'a à sa disposition que des ressources rudimentaires et des engins forcément très simples. Est-il étonnant, après cela, que ses travaux présentent la plus grande analogie avec ceux des anciens ?

On est frappé de cette analogie, lorsqu'on lit des ouvrages tels que celui dans lequel Apollodore de Damas, architecte des empereurs Trajan et Adrien, décrit les machines usitées de son temps pour attaquer les places.

Alors, comme aujourd'hui, on employait les sapes de

---

1. 60 pages in-8°, avec 37 figures, publié dans la *Revue des études grecques* (juillet-septembre 1890).

5 pieds de profondeur, avec un mantelet en tête, se dirigeant obliquement vers la place, pour préserver l'assiégeant des projectiles que le défenseur faisait rouler sur le terrain en pente. L'attachement du mineur comportait l'emploi d'un blindage incliné recouvert de terre, comme depuis Vauban, avec cette différence que le blindage en question, au lieu d'être fixe, était monté sur roues. Les échelles d'escalade étaient composées en plusieurs éléments assemblés bout à bout, à l'aide d'un dispositif absolument semblable à celui qui est usité de nos jours. On faisait des passages de fossés pleins d'eau avec un pont de radeaux lancé par conversion. Il n'est pas jusqu'au trépan qui ne servît à creuser dans les murs en briques des forages jointifs pour en déterminer la chute.

Le curieux ouvrage d'Apollodore n'avait été, jusqu'à présent, traduit qu'en latin vers la fin du XVIIe siècle, d'après des manuscrits assez incorrects. La version française que nous en signalons a été faite sur le texte grec de M. Wescher, par conséquent d'après l'excellent manuscrit du Xe siècle, rapporté du Mont-Athos par Minoïde Minas.

Ces quelques indications donneront une idée de l'intérêt que présente la traduction faite par M. Lacoste. Sa double qualité d'helléniste et d'ingénieur lui a permis de venir heureusement à bout de ce travail difficile qui exige non seulement l'intelligence de la langue grecque, mais encore et surtout la connaissance des procédés des anciens. A vrai dire, il avait été préparé à cette tâche par la collaboration qu'il avait prêtée, pour la version d'Athénée, un autre écrivain militaire grec, au savant officier du génie qui avait déjà traduit *Philon de Byzance :* nous voulons parler de M. de Rochas, qui a écrit une préface pour l'opuscule que nous venons de signaler à l'attention de nos camarades.

L. B.

L'acier. Historique, fabrication, emploi, par L. Campredon [1].

Il en est un peu de la métallurgie de l'acier comme de l'électricité industrielle : ces deux sciences pratiques ont été complètement transformées par leurs progrès récents.

Depuis 20 ans, le four à gaz et le garnissage basique ont complété la révolution que Bessemer avait inaugurée auparavant.

Actuellement le fer, métal obtenu par puddlage, c'est-à-dire par soudage, est détrôné, dans presque toutes ses applications, par l'acier, métal produit par voie de fusion, par suite bien plus homogène, plus résistant, plus malléable et plus ductile. De plus, le dosage en carbone varie à volonté et produit une gamme de variétés qui répondent à tous les besoins de la pratique.

Pour les consommateurs d'acier qui, tout en désirant bien connaître ce métal, n'ont pas le loisir de lire les traités volumineux de métallurgie ou de compiler des publications périodiques disséminées un peu partout, M. Campredon a résumé dans son livre tout ce qu'il est essentiel de connaître sur ces derniers perfectionnements.

La première moitié de l'ouvrage est consacrée aux méthodes anciennes ; la seconde au procédé basique, à ses produits et à ses sous-produits. L. B.

---

1. Un volume in-18 jésus, de 346 pages et 53 figures. Paris, Tignol, 1890. Prix broché : 6 fr.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Résultats d'expériences comparatives de tir sur des plaques en acier, en acier au nickel et en compound.

Les usines du Creusot ont étudié un nouvel acier, l'*acier au nickel,* qui possède des propriétés précieuses comme métal à cuirassements; il réunit en effet la qualité de l'acier, la dureté, à l'avantage qu'a le fer de ne pas se fendre.

Cet acier paraît ne pas contenir plus de 5 p. 100 de nickel, dont le prix actuel, d'environ 6 fr le kg, est appelé à diminuer, en raison de la découverte de gisements nouveaux. Le prix de ce métal ne semble donc pas, *à priori,* devoir être sensiblement plus élevé que celui de l'acier ordinaire. Aussi, nous paraît-il mériter d'attirer toute l'attention de ceux qui s'occupent de cuirassements. C'est à ce titre que nous résumons le compte rendu des expériences exécutées par la marine des États-Unis en septembre 1890, au polygone d'Annapolis.

Trois plaques étaient en présence :

1re: acier martelé, du Creusot, épaisseur : 268,47 mm;
2e : acier au nickel, du Creusot, épaisseur : 264,66 mm;
3e : compound, de Cammell (Sheffield), épaisseur : 272,28 mm.

Ces trois plaques, de 2 m de largeur sur 2,5 m de hauteur, étaient boulonnées chacune sur un matelas de 1 m d'épaisseur, en bois.

Chacune d'elles reçut cinq projectiles, dans les conditions ci-après :

	4 premiers coups.	5e coup.
Calibre de la pièce. . . .	mm 152,4	203,2
Poids du projectile. . . .	kg 45,3	95,13
Poids de la charge. . . .	kg 20,16	38,505
Vitesse au choc . . .m par sec.	632,46	563,88
Énergie	tm 1 375	2295
Nature du projectile . . .	acier Holtzer	acier Firth.

Les résultats du tir sont relatés ci-après et traduits par les figures 1 à 4.

Plaque d'acier martelé.

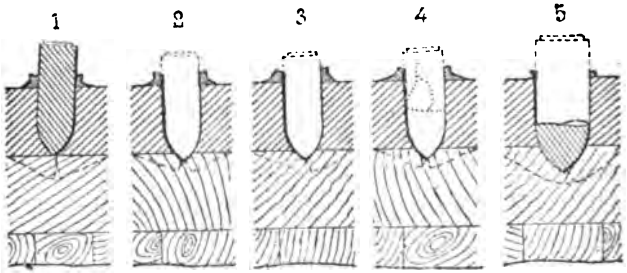


Fig. 1. —Pénétration des projectiles dans la plaque d'acier $\left(\frac{1}{20}\right)$.

1er *coup*. Le projectile s'enfonce à demeure dans la plaque, la base se projetant de 175,1 mm ; il paraît intact.

Sur la face de la plaque, le métal se soulève sur une hauteur de 25 mm et un diamètre de 444 mm, formant une lèvre bien développée. La partie visible du trou dans la plaque est en forme d'entonnoir, s'étendant jusqu'à une profondeur de 8 à 10 cm. Six courtes fissures rayonnantes se voient à la surface dans la bosse formée par le métal soulevé. Un petit fragment de la lèvre se détache.

A l'arrière de la plaque il se forme un bossage de 90 mm de saillie et de 406 mm de diamètre.

2e *coup*. Le projectile s'enfonce de 305 mm et rebondit entier, mais raccourci de 2,5 mm. Le métal se soulève en forme de bosse sur un diamètre de 52 cm et une hauteur de 25 mm, avec un bourrelet nettement formé qui se pro-

jette de 19 mm. Sept courtes fentes rayonnantes se développent dans la bosse, deux d'entre elles réunies par deux courtes fentes superficielles capillaires. Un petit morceau de bourrelet se détache. Le trou formé par le projectile est régulier, avec une surface lisse et présente des fentes en forme d'étoile à son extrémité intérieure. A l'arrière, bossage de 76 mm de saillie et de 381 mm de diamètre.

3e *coup*. Le projectile pénètre jusqu'à une profondeur de 317 mm et rebondit entier, mais raccourci de 3,5 mm. Le diamètre du bourrelet s'accroît de 0,25 mm. Le diamètre de la bosse est de 466 mm avec lèvre bien développée se projetant de 25 mm. Cinq courtes fentes rayonnantes superficielles se développent dans la bosse, et deux petits morceaux de la lèvre se détachent. Le trou formé par le projectile est lisse et régulier, présentant des fentes en forme d'étoile à leur extrémité inférieure. A l'arrière, bossage de 66 mm de saillie et de 406 mm de diamètre.

4e *coup*. Le projectile s'enfonce à 317 mm de profondeur et rebondit la tête entière, le reste brisé en plusieurs morceaux. La bosse soulevée à la surface de la plaque a 431 mm de diamètre et 25 mm de hauteur, avec bourrelet bien développé se projetant de 25 mm. Six courtes fissures rayonnantes se montrent dans la bosse et un petit morceau du bourrelet se détache. La surface du trou formé par le projectile est lisse et régulière, présentant des fentes en forme d'étoile à son extrémité intérieure. A l'arrière, bossage de 66 mm de saillie et de 381 mm de diamètre.

5e *coup*. Le projectile s'enfonce de 38 cm et rebondit brisé en trois grands morceaux. Une bosse se voit à la surface sur un diamètre de 533 mm et une hauteur de 25 mm : elle n'a pas de bourrelet. Un morceau se détache du bord inférieur de droite du trou sur une longueur de 127 mm. Quatre fentes s'étendant à travers toute l'épaisseur de la plaque rayonnent autour du trou, rejoignent les

cans inférieur et supérieur de la plaque en passant par les trous précédents et forment un X. La largeur de ces fentes varie de 4 à 12,7 mm.

A l'arrière, bossage de 160 mm de saillie et de 559 mm de diamètre.

Plaque compound.

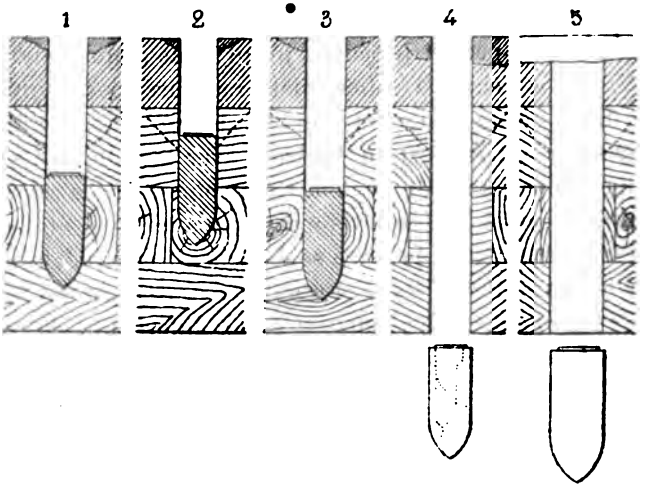


Fig. 2. — Pénétration des projectiles dans la plaque compound $\left(\frac{1}{20}\right)$.

1er *coup*. Le projectile traverse la plaque et se fixe dans le matelas, sa base à 546 mm. de la surface de la plaque.

On voit, à partir du centre du trou, huit fissures rayonnantes étroites de 62,2 à 139,7 cm de longueur. L'une d'elles s'étend jusqu'au can droit de la plaque, où elle paraît régner sur toute l'épaisseur de la couverte d'acier.

L'angle de droite de la plaque, le long de la fente mentionnée ci-dessus, est déplacé de 2,5 mm. Le placage d'acier autour du trou s'est détaché suivant un diamètre qui varie de 368 à 482 mm et suivant une profondeur de 33 à 57 mm. L'intérieur du trou formé par le projectile présente une surface rugueuse.

A l'arrière, bossage de 162 mm de saillie et de 520 mm de diamètre.

2e *coup*. Le projectile traverse la plaque et va se loger dans le matelas. Sa base visible est à 381 mm de la surface de la plaque. La couverte d'acier est irrégulièrement détachée de la plaque autour du trou sur un diamètre moyen de 365 mm et une profondeur de 32 mm. Six fissures rayonnantes se sont produites, s'étendant jusqu'aux bords de la plaque; toutes paraissent profondes. Une fente superficielle s'est produite à 106 cm environ au-dessus du can inférieur et s'étend presque d'un côté à l'autre de la plaque. Les fentes du coup précédent sont approfondies; à l'arrière, bossage de 159 mm de saillie et de 457 mm de diamètre.

3e *coup*. Le projectile traverse la plaque et se loge dans le matelas. Dix fentes rayonnantes profondes se produisent, quelques-unes réunies par des fentes transversales. Un grand morceau de la couverte d'acier, à l'angle supérieur de droite, est légèrement séparé du fer forgé ; un morceau plus petit est dans les mêmes conditions, au-dessous du trou du projectile. D'anciennes fentes, dans la partie inférieure de la plaque, s'accroissent en dimensions : la couverte de la plaque est complètement brisée.

La surface intérieure du trou formé par le projectile est rugueuse et brisée ; le métal qui l'entoure est désagrégé : beaucoup de petits fragments sont détachés et gisent dans le trou.

A l'arrière, bossage de 152 mm de saillie et 502 mm de diamètre.

4e *coup*. Le projectile traverse plaque et matelas et se brise en trois grands morceaux et plusieurs petits.

Trois fentes profondes se voient au-dessous du trou du projectile. Tout le placage d'acier au-dessus de ce trou et du trou précédent se sépare du fer forgé ; la plus grande partie est rejetée en sept grands fragments pesant de 13 à 172 kg. Une partie du placage d'acier, au-dessous du trou formé par le projectile précédent se détache du fer forgé. Les fentes précédentes s'élargissent. Le fer forgé mis à

découvert présente trois fentes étroites. La surface intérieure du trou est rugueuse, et remplie presque entièrement de petits fragments. Le reste de la plaque est très endommagé et présente 17 grandes fentes à travers le placage d'acier.

A l'arrière, bossage de 184 mm de saillie et de 482 mm de diamètre.

5e *coup*. Le projectile traverse plaque et matelas, et désagrège beaucoup de métal autour du trou. La plus grande partie de la couverte se détache en un grand nombre de morceaux, dont 24 grands, de 95 à 140 mm d'épaisseur. La surface du fer présente 18 fentes de diverses longueurs. Le métal, à l'intérieur du trou, a une surface rugueuse et est fortement désagrégé autour des trous. Plusieurs fentes concentriques apparaissent dans le fer forgé autour du trou de 203 mm.

A l'arrière, bossage de 190 mm de saillie et de 533 mm de diamètre. Un fragment de la plaque est arraché.

Plaque d'acier au nickel.

1er *coup*. Le corps du projectile reste dans la plaque. La base se brise sur une longueur de 19 cm et rebondit. Le métal se soulève à la surface en forme de bosse sur un diamètre de 432 mm et une hauteur de 32 mm ; il n'y a pas de bourrelet. Deux courtes fissures rayonnantes superficielles se voient dans cette bosse. Un petit morceau de métal soulevé se détache du bord du trou du projectile.

A l'arrière, bossage de 127 mm de diamètre et de 533 mm de diamètre.

2e *coup*. Le projectile s'enfonce dans la plaque et y demeure ; il paraît entier. Sa base se projette de 406 mm. Sa ceinture reste en place, cisaillée au ras du corps du projectile.

Le métal se soulève à la surface en forme de bosse sur

un diamètre de 406 mm et une hauteur de 38 mm. Un morceau se détache sur les deux tiers environ de la circonférence de la bosse ; diamètre moyen, 318 mm ; profondeur moyenne : 28 mm.

A l'arrière, bossage de 152 mm de saillie et de 533 mm de diamètre.

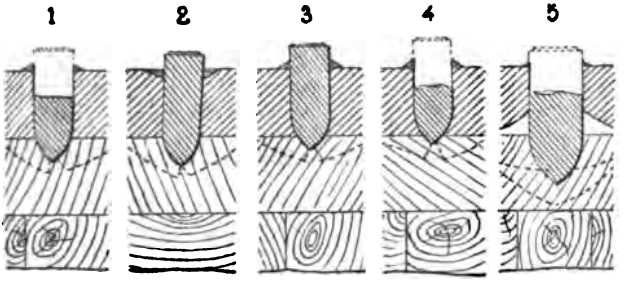


Fig. 3. — Pénétration des projectiles dans la plaque d'acier au nickel $\left(\frac{1}{30}\right)$.

3e *coup*. Le projectile pénètre dans la plaque et paraît entier. Sa base se projette de 114 mm ; sa ceinture est à moitié déchirée. Le métal se soulève à la surface en forme de bosse sur un diamètre de 457 mm et une hauteur de 38 mm.

Deux fentes rayonnantes superficielles très courtes se produisent. Deux petits morceaux se détachent de la bosse.

A l'arrière, bossage de 101 mm de saillie et de 482 mm de diamètre.

4e *coup*. Le projectile se brise à 90 mm de la surface de la plaque et à 165 mm de la base, la tête demeurant fixée dans la plaque. Une bosse se soulève sur un diamètre de 406 mm et une hauteur de 25 mm, et présente à sa partie supérieure une fissure étroite. La partie visible de la surface intérieure du trou est lisse et régulière.

A l'arrière, bossage de 101 mm de saillie et de 457 mm de diamètre.

5e *coup*. Le projectile pénètre et se brise à 133 mm de

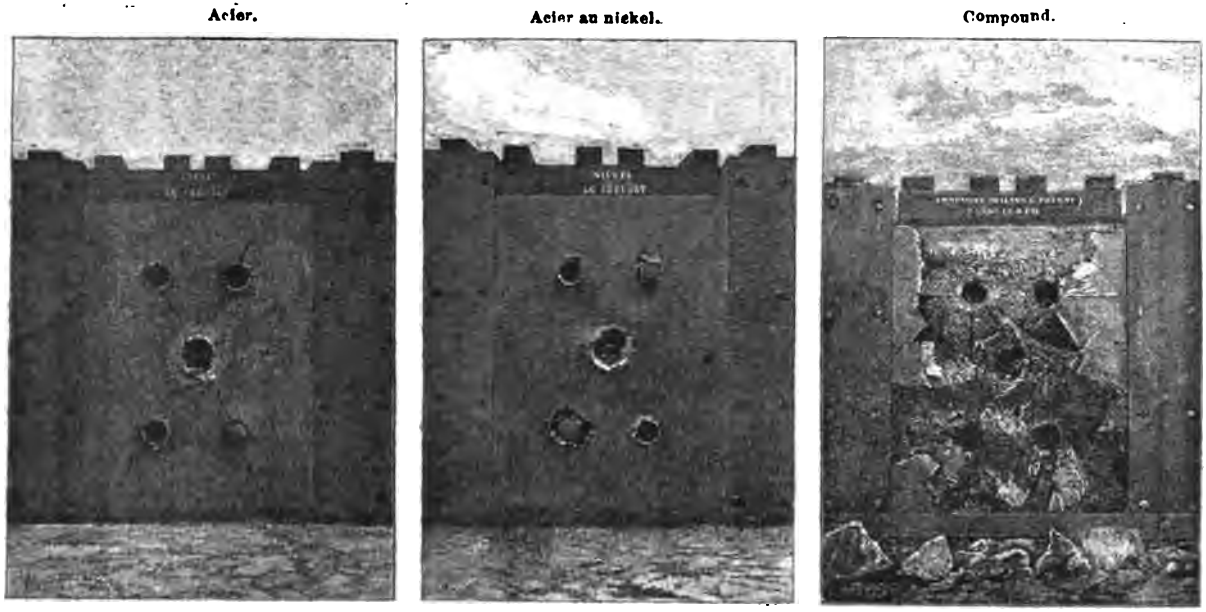


Fig. 4. — Vue des plaques après le tir $\left(\frac{1}{66}\right)$. (D'après le *Génie civil*.)

la surface de la plaque, une partie de la tête demeurant dans le trou. Le métal de la surface se soulève en forme de bosse, sur un diamètre de 419 mm et une hauteur de 6,3 mm.

La circonférence du trou est écaillée jusqu'aux distances de 152 à 185 mm à partir du centre, et sur les profondeurs de 51 à 108 mm. Un trou d'une profondeur considérable se voit entre le projectile et la surface antérieure de la plaque. Celle-ci ne présente pas de fentes visibles.

A l'arrière, cavité en forme de coupe, de 90 mm de profondeur moyenne et de 533 mm. de diamètre.

Ces résultats ont assuré aux trois plaques le classement suivant : 1° acier au nickel ; 2° acier ; 3° compound.

L. B.

Pont-levis roulant.

Le capitaine Marullier, du génie italien, a proposé[1] un nouveau système de pont mobile qui tient en même temps du pont-levis et du pont roulant.

Dans ce système (fig. 1 et 2), le tablier commence par exécuter un mouvement de bascule pour venir se placer au-dessous du plancher qui recouvre une cave sous le passage.

Lorsque le pont est en place sur le fossé (position 1), la partie antérieure *ac* du tablier repose sur l'extrémité du pont dormant, et la culasse *bd* sur deux galets *e*, *f* établis sur le sommet du mur de masque de la cave. De plus, l'extrémité postérieure des poutres du pont est maintenue par deux cliquets qui empêchent tout mouvement de bascule sous le passage des lourds fardeaux.

Pour retirer le pont, on agit sur deux treuils à engre-

---

1. *Rivista d'Artiglieria e Genio*, mai 1890.

nages X, X, établis contre les murs latéraux de la cave. Les deux chaînes sans fin entraînent l'arbre *bd* dont le mouvement fait osciller les cliquets de retenue, qui dégagent la culasse du tablier. Le mouvement continuant, les chaînes déterminent la bascule de celui-ci, dont tout mouvement de recul est empêché par les guides circulaires

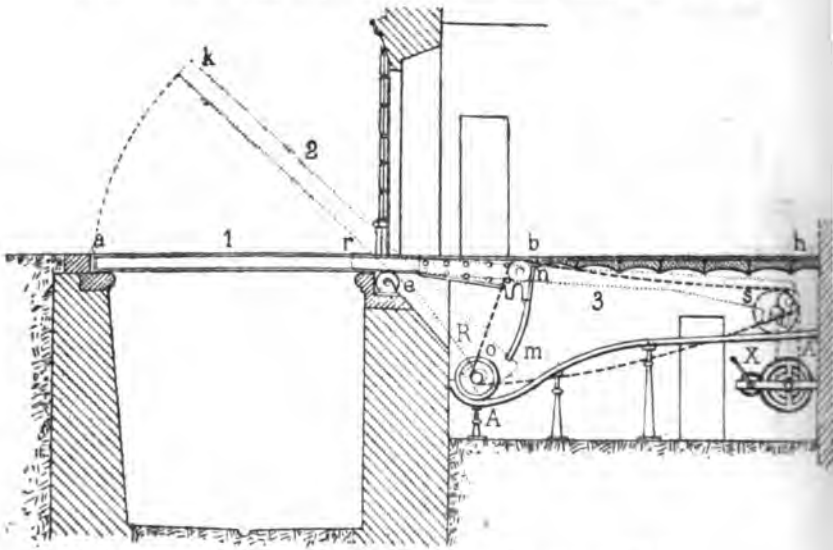


Fig. 1. — Coupe verticale suivant l'axe du pont-levis $\left(\frac{1}{125}\right)$.

mn, concentriques avec les galets *e*, *f*. Les fourchettes R viennent enfin embrasser l'essieu des roues *o* qui, à partir de ce moment (position 2) forment partie intégrante du tablier R*k*. Celui-ci est alors dégagé du guidage arrière et est libre de reculer en roulant sur les rails courbes AA', ce qui le rapproche peu à peu de l'horizontale. Le mouvement du treuil se poursuivant, le tablier prend finalement la position 3, dans laquelle, en *rs*, il touche presque le plafond de la cave, et rétablit, tout au moins pour des hommes à pied, la circulation jusqu'à la porte d'entrée du passage.

Le centre de gravité du système formé par le tablier et

les galets *o* doit se mouvoir sur une horizontale : la trajectoire du centre des galets est par suite déterminée et susceptible d'être tracée graphiquement. On peut faire en sorte que la droite joignant le centre de gravité au centre des galets arrière soit parallèle à la semelle des poutres du tablier. Dans ce cas, si le rayon des galets *e, f* est précisément égal à la distance de ces deux parallèles,

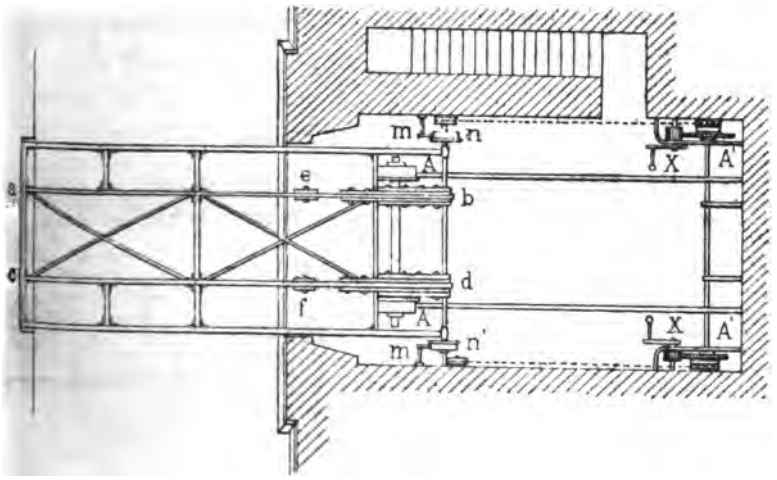


Fig. 2. — Coupe horizontale du pont $\left(\frac{1}{125}\right)$.

la ligne droite passera constamment par l'axe de *e, f*. Un de ses points décrivant une horizontale, tous les autres points de cette droite, et en particulier les centres des galets *o* décriront des *conchoïdes de Nicomède*. Par suite, le tracé des rails AA′ sera celui d'une parallèle à la conchoïde.

La manœuvre du pont exige 4 hommes au plus, agissant sur les deux manivelles des treuils ; elle ne gêne à aucun moment la fermeture des portes d'entrée.

Ce système présente divers avantages sur les ponts roulants déjà expérimentés. En particulier, lorsque le pont est en place sur le fossé, son tablier arrive au niveau du

sol du passage, sans qu'il devienne nécessaire d'intercaler un pont auxiliaire (comme dans les ponts roulants des forts d'Anvers, par exemple); de plus, la manœuvre est simple et uniforme.

On peut en revanche lui reprocher son mécanisme un peu compliqué; l'obligation de réserver une cave d'une longueur égale à une fois et demie environ la partie utile du tablier et dont la couverture présente une assez grande sujétion; la difficulté du réglage et la fatigue des galets de roulement fixes. L. B.

Lampe de mine Pollak.

Une boîte rectangulaire E en ébonite, divisée en deux compartiments par une cloison médiane, renferme deux

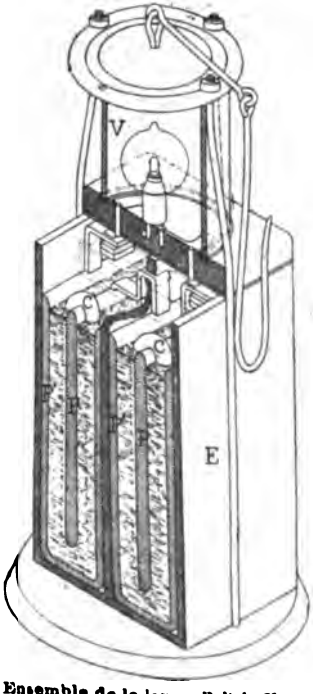


Fig. 1. — Ensemble de la lampe Pollak. Vue perspective.

éléments, montés en série, d'accumulateurs Pollak[1], dont les plaques P,P′ sont séparées au moyen de bracelets de caoutchouc *c*; elle repose sur un plateau métallique. Un couvercle en ébonite sert de support à une lampe à incandescence qui est enfermée dans un cylindre en verre épais V. Le tout est recouvert d'un chapiteau métallique serré au moyen de boulons : une feuille en caoutchouc doux, interposée entre le couvercle et la boîte, rend la fermeture hermétique (fig. 1).

Dans le couvercle sont noyées des tiges en métal inoxydable, qui le traversent d'outre en outre ; elles portent sur leurs bases des contacts en platine qui s'appliquent sur les contacts, également en platine, des accumulateurs, et sur leurs sommets des ressorts *r*, *r*′ dont l'un, *r*′, est

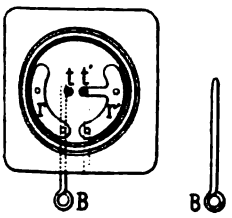


Fig. 2. — Établissement des communications pour l'éclairage.
($\frac{1}{3}$)

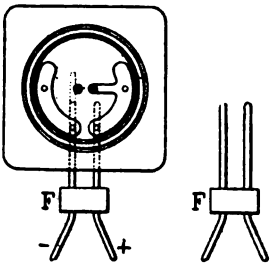


Fig. 3. — Établissement des communications pour le chargement.
($\frac{1}{3}$)

relié métalliquement avec un pied *t*′ de la lampe. L'autre pied *t* de la lampe est isolé et peut être mis en contact avec un pôle de l'accumulateur, au moyen d'une broche B (fig. 2) que l'on introduit dans un canal horizontal percé dans le couvercle, ce qui soulève le ressort *r*.

Les contacts se trouvant à l'intérieur de la boîte et du couvercle, ni l'ouverture ni la fermeture du courant ne

1. Ces accumulateurs se composent de lames de plomb garnies d'oxyde. Ce qui les caractérise, ce sont les rugosités obtenues sur la surface du métal par un laminage entre des cylindres portant des creux sur leur surface.

peut, d'après l'inventeur, déterminer d'explosion et la lampe peut être allumée ou éteinte dans une atmosphère inflammable. En démontant le système ou en cassant le cylindre protecteur en verre, on amène l'extinction de la lampe.

On charge la lampe sans la démonter, au moyen d'une fourche F qu'on introduit dans deux canaux pratiqués dans le couvercle et qui établissent la communication avec les électrodes de l'accumulateur, mais non avec la lampe (fig. 3).

Le modèle de 22 cm de hauteur, pesant 1,8 kg environ, donne en moyenne 12 heures d'une lumière dont la puissance est de 0,7 à 0,8 bougie.

Un autre modèle pesant 2,3 kg peut donner 15 à 16 heures de lumière.

Le gérant, Ch. Norberg.

LES
COUPOLES CUIRASSÉES
A CANONS
DES FORTS DE LIÈGE ET DE NAMUR

D'après les journaux militaires de l'époque, le gouvernement belge a adjugé, au mois d'octobre 1888, la construction de 147 coupoles cuirassées pour les nouvelles places des forts de la Meuse (Liège et Namur)[1]. Cette fourniture se décompose ainsi :

63 petites coupoles à éclipse pour canon à tir rapide de 57 mm ;
21 coupoles pour obusier de 21 cm ;
21 coupoles pour 2 canons de 15 cm ;
42 coupoles pour 1 ou 2 canons de 12 cm.

Cette commande aurait été répartie ainsi qu'il suit :

Les 63 coupoles à éclipse pour canons à tir rapide et les 21 coupoles pour obusier de 21 cm ont été confiées au Grusonwerk (de Buckau-Magdebourg) ;

Des 21 coupoles pour 2 canons de 15 cm : 9 au Grusonwerk, 8 au Creusot et 4 à Saint-Chamond ;

Des 42 coupoles pour canons de 12 cm : 10 à Saint-Chamond et 32 à Châtillon-Commentry.

Une commande de cette importance, et dont l'exécution est d'ailleurs actuellement fort avancée, est un événement non seulement pour l'industrie, mais encore pour l'ingénieur militaire. Il était réservé au pays qui a le premier, en 1863, fait établir une coupole sur un fort de terre, de

1. Suivant d'autres recueils, ce chiffre s'élèverait à 171 coupoles. Nous ne prétendons pas non plus garantir les chiffres qui suivent concernant la répartition des coupoles.

donner, 25 ans après, l'exemple de la plus forte accumulation de cuirassements tournants dans deux places formant un système unique. Ce résultat doit être attribué avant tout à l'influence du général Brialmont, dont les idées sont bien connues de tous par les ouvrages nombreux qu'il a publiés sur la question. L'on voit que si, sur le terrain purement théorique, des écrivains militaires ont pu paraître plus que lui partisans des coupoles cuirassées et les employer avec plus de profusion sur le papier, l'éminent inspecteur général du génie belge a eu le mérite de faire adopter par son gouvernement des idées plus modérées, et par cela même plus pratiques que celles de ses contradicteurs, von Sauer et Schumann.

D'un autre côté, l'exécution rapide d'une pareille commande exigeait le concours de plusieurs établissements métallurgiques rompus à ce genre de travail. De fait, on s'est adressé à tous ceux qui avaient fait leurs preuves en cette matière. Aucun n'existait en Belgique; or, l'on sait avec quel sentiment de jalousie, bien naturel du reste, l'industrie nationale de tous les pays voit les commandes de l'État aller à l'extérieur; la Belgique en a fourni un exemple tout récent dans la question de la fourniture des canons qui lui sont nécessaires.

Pour donner, dans la mesure du possible, satisfaction à ce désir, le gouvernement belge a imposé à chaque usine adjudicataire l'obligation de se constituer en syndicat avec une usine nationale, à laquelle était ainsi réservé tout ce qu'il lui serait possible d'exécuter.

C'est ainsi que se sont formées les sociétés suivantes :

Creusot et usines de Seraing;

Châtillon-Commentry, société de Marcinelle-Couillet et ateliers de la Meuse;

Saint-Chamond et usines de Seraing;

Grusonwerk et usines de Seraing.

L'intervention d'usines métallurgiques ayant la pratique des cuirassements terrestres a dispensé le ministère de la

guerre belge d'imposer des modèles-types arrêtés en tous détails. Il a pu se borner à indiquer les conditions essentielles d'établissement, et laisser à l'expérience de chacun des établissements constructeurs le soin de les réaliser, sauf, bien entendu, à s'assurer, par des épreuves convenables, que la solution présentée était acceptable.

De cette manière de faire, fort commode assurément pour la Belgique, devaient par contre résulter, tout au moins pour les coupoles de 12 et de 15 cm, des différences sensibles. Les petites coupoles à éclipse et celles pour obusiers étant confiées à un établissement unique, le Grusonwerk, ne sont pas sujettes à cet inconvénient, dont il ne faudrait pas toutefois exagérer l'importance. Pourvu que les coupoles similaires d'un même fort soient d'un modèle unique, on peut bien admettre que le personnel qui leur est affecté aura vite appris à se familiariser avec les particularités de leur manœuvre.

Des officiers nombreux de divers pays ont été libéralement admis par le gouvernement belge à assister aux essais qui ont été faits de ces tourelles; nous en profiterons pour décrire, aussi exactement que possible, les détails d'organisation qui présentent de l'intérêt militaire dans les coupoles fournies par l'industrie française.

Quant aux conditions générales d'établissement, nous ne saurions mieux faire que de les chercher dans les derniers ouvrages du général Brialmont : *Influence du tir plongeant* et *Régions fortifiées*.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT DES COUPOLES A CANONS.

Les coupoles belges pour canons de fort calibre, 15ᶜ et 12ᶜ, sont simplement tournantes. Ce n'est pas que le général Brialmont ne reconnaisse les avantages du mouvement d'éclipse; mais il a reculé devant la dépense et la complication du mécanisme. En outre, les coupoles à

mouvement vertical ont une cuirasse cylindrique qui se présente d'une manière désavantageuse au tir de plein fouet avec obus de rupture.

Dans ces conditions, il estime qu'il convient de se contenter de coupoles simplement tournantes, même pour les pièces à tir direct.

Armement. — Les coupoles belges pour canons sont pour la plupart armées de deux pièces. On sait quelles vives discussions se sont élevées il y a quelques années autour de la question du nombre des pièces à placer dans la même coupole.

Les raisons qui militent en faveur des coupoles à deux canons sont : réduction du nombre des coupoles composant l'armement d'un fort, et par suite de l'espace occupé; du personnel, 1 officier, 1 sous-officier et 12 auxiliaires par coupole; diminution des dépenses résultant des substructions et des communications.

Ces arguments d'ordre financier sont, suivant Brialmont, assez sérieux pour faire passer sur les inconvénients d'ordre militaire : à savoir qu'il faut moins d'efforts pour détruire une coupole à deux canons que deux à un seul canon.

Cuirasse. — La cuirasse de la coupole a la forme d'une calotte sphérique composée de plusieurs plaques de 20 cm d'épaisseur, doublées intérieurement de deux tôles d'acier de 20 mm d'épaisseur chacune, fixées l'une sur l'autre au moyen de rivets à tête fraisée.

Ces plaques, au nombre de 2 pour les coupoles pour canons de 12 cm, et de 3 pour les coupoles de 15 cm, se rejoignent suivant des plans verticaux, et elles sont assemblées avec la doublure en tôlerie au moyen de vis sans tête de 50 mm de diamètre, espacées de 30 cm, qui pénètrent à 40 ou 50 mm seulement dans les plaques (vis borgnes) [fig. 1].

Ce doublage était déjà réalisé dans la coupole allemande

de Cotroceni, mais il était relié à la cuirasse par des boulons dont les têtes se détachèrent sous le choc des projectiles. Dans la disposition que l'on vient de décrire, on a

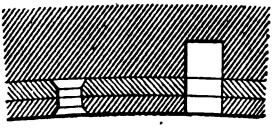


Fig. 1. — Assemblage des plaques de cuirasse avec le doublage $\left(\frac{1}{10}\right)$.

suivi la pratique des constructions navales, qui montre que les boulons du Creusot ne sont ni brisés, ni déplacés par le choc des projectiles, et n'affaiblissent pas les plaques lorsqu'ils n'y pénètrent que d'une quantité égale à leur diamètre (50 mm) et que l'épaisseur des plaques est au moins égale à trois fois ce diamètre. Dans ces conditions, les joints ne sont pas des parties faibles. En outre, et c'est là la plus importante propriété de la calotte en tôle, elle prévient toute chute de métal lorsque les plaques sont brisées, résultat auquel l'ennemi parvient toujours avec le temps et des moyens convenables. Enfin, les servants ne voyant pas les fentes se produire dans les plaques, conservent, jusqu'au bout, leur confiance.

Telles sont les raisons sur lesquelles le général Brialmont étaye l'adoption d'un doublage en tôle pour la cuirasse des coupoles.

Quant à la fixation de l'épaisseur de la cuirasse proprement dite, 20 cm, elle résulte des expériences de Bucarest (coupole Gruson), complétée, paraît-il, par d'autres essais faits au polygone de Brasschaet au moyen de fulmicoton détonant au contact de plaques de cuirasse.

Métal. — Le métal de la cuirasse de la coupole est du fer laminé. Ajoutons que, lors de la commande des tourelles, la question du métal avait été réservée. Le ministre de la guerre de Belgique avait un délai de 3 mois pour décider l'emploi de l'acier laminé au lieu du fer,

dans le cas où de nouvelles expériences auraient démontré la supériorité de ce métal, et voici ce qu'écrivait à ce propos le général Brialmont:

« Le métal qui offre le plus de garantie pour la constitution de la cuirasse est le fer laminé. Cependant si l'on considère qu'il est plus difficile d'obtenir une parfaite identité de fabrication avec le fer qu'avec l'acier, que ce dernier (laminé, forgé ou trempé au plomb) résiste bien au tir de plein fouet, qu'il est inférieur au fer laminé seulement en ce qu'il se fend plus facilement et que, d'un autre côté, la fabrication de l'acier est encore en voie de progrès, on peut prévoir qu'il arrivera un moment où le fer sera remplacé par un métal coulé, ce qui permettra de donner aux coupoles des formes et des dimensions plus favorables à la résistance ; les coupoles pourront avoir alors plus d'épaisseur au bord qu'au centre de la calotte, ce qui est préférable pour égaliser la résistance [1]. »

L'on voit que ces nouvelles expériences n'ont pas été suffisamment favorables à l'acier.

Avant-cuirasse. — L'avant-cuirasse a une hauteur maximum de 1,30 m, une épaisseur de 32 cm en haut et de 24 cm en bas; elle est en fonte dure. Ici encore on n'a pas voulu innover.

« On pourrait sans doute, avec des plaques en fer ou en acier d'une épaisseur convenable et disposées d'une certaine façon, obtenir des avant-cuirasses moins sujettes à se fendre, mais le grand accroissement de prix qui en résulterait serait-il compensé par une prolongation suffisante de la résistance de la coupole? C'est ce qu'il faudrait prouver, car dans la pratique il ne s'agit pas d'obtenir le maximum de résistance, n'importe le prix, mais bien le degré de résistance nécessaire au moindre prix possible. Il est à remarquer d'ailleurs que les avant-cuirasses en fer ou

1. *Régions fortifiées*, p. 201.

en acier formeraient sous le choc ou par l'effet de l'explosion des obus qui atteindraient leur bord supérieur, des bavures ou des renflements pouvant caler la coupole et la mettre ainsi hors de service [1]. »

Le joint entre la cuirasse et l'avant-cuirasse a une largeur assez grande, 8 à 10 cm, pour parer aux coincements qui se produiraient par suite du refoulement du métal de la coupole, ou du déplacement des parties de l'avant-cuirasse, en cas de fissure, ou enfin de l'introduction d'éclats de projectiles.

Installation des pièces. — Les canons ont un recul limité à 13 cm environ, afin que la tranche de la bouche et, par suite, la fumée qui s'en dégage après le tir, ne pénètrent pas dans la coupole. Les volées des pièces ne dépassent pas le cuirassement, afin d'échapper aux coups d'écharpe et aux éclats.

Les affûts sont à embrasure minima, le centre de rotation se trouvant sur l'axe de la pièce. La remise en batterie est automatique.

Obturation du joint de l'embrasure. — Un anneau élastique fixé à la volée obture l'espace vide entre celle-ci et les parois de l'embrasure, empêche l'introduction de la fumée qui sort de la bouche de la pièce au moment du départ du coup, des éclats d'obus et des balles de fusil ou de shrapnel.

Mouvement de rotation. — La coupole doit pouvoir tirer en mouvement, et avec mise de feu électrique. On évite ainsi la fixité des embrasures et on rend plus difficile l'atteinte de celles-ci par les projectiles de l'assaillant. On l'empêche également de grouper ses coups sur une région déterminée de la cuirasse, ce qui retarde évidemment la mise en brèche.

---

1. *Régions fortifiées*, p. 202.

Pour réaliser ces avantages, il faut donc que l'on puisse [illegible] la coupole en mouvement de rotation continu. [illegible] les dispositions qui peuvent faciliter ce mouvement, [illegible] un pivot hydraulique, d'une machine à vapeur, [illegible] donc indiquées ici. Mais le général Brialmont s'est opposé, sur ce point, à toute complication coûteuse et sujette à des avaries, et il n'admet que des organes très simples.

La totalité du poids de la coupole est supportée par une couronne de galets, sans emploi de pivot hydraulique suivant le procédé employé dans les modèles déjà usités à [illegible].

On a cherché à réaliser ainsi un mécanisme simple, [illegible] peu sujet aux dérangements et avaries. Néanmoins on a prévu le cas où un galet serait mis hors de service et on a créé un dispositif permettant de le remplacer [illegible].

[illegible] prévoir un dispositif spécial destiné à empêcher le déplacement latéral de la coupole sous l'influence du tir de ses pièces ou du choc des projectiles en-[illegible].

[illegible] constaté en effet que dans le tir, exécuté à Tegel, [illegible] avec des canons de 15c, contre une tourelle [illegible] celle-ci avait été déplacée de 4 cm au bout du [illegible].

[illegible] est mise en mouvement rapide au moyen [illegible] dentée dans laquelle engrène un pignon [illegible] arbre vertical sur lequel agissent six hommes directement, par cabestan, comme dans la [illegible] Bucarest, mais au moyen d'un treuil à axe [illegible] sur le côté, dans une niche spéciale. [illegible] a été rendue nécessaire par la présence [illegible] charges qui tournent avec la coupole

[illegible] le dessin de la coupole en fonte dure Gruson, *Revue* [illegible] p. 337.

et auxquels on doit réserver un espace libre dans le sous-sol.

Modes et organes de pointage. — Les coupoles sont disposées pour permettre à volonté l'emploi du pointage direct ou du pointage indirect.

Le pointage direct est indispensable pour tirer contre des buts en mouvement rapide, colonnes de travailleurs, pièces attelées, etc., ou surgissant à l'improviste et ne restant en vue que peu de temps. La nécessité d'obturer exactement le joint qui subsiste autour de la volée de la pièce a obligé de renoncer au pointage indirect par l'embrasure, qui était déjà rendu difficile par la présence de la fumée. Les moyens de pointage direct prévus pour les coupoles étudiées sont au nombre de deux.

Le premier consiste dans l'emploi d'un trou d'homme, pratiqué près du sommet de la calotte et par lequel le commandant de la coupole, monté sur une petite plate-forme, passe la tête au dehors. Un cran de mire et un guidon sont fixés sur la calotte suivant la direction du plan de tir.

Le second, auquel on a recours lorsque le premier est d'un emploi trop dangereux, s'exécute à l'aide d'un canal de visée creusé dans la calotte, du côté opposé aux embrasures, et dans un méridien parallèle au plan de tir. Cette rainure est aussi munie d'une hausse et d'un guidon. En se servant de la circulaire graduée, on fait exécuter à la coupole une demi-révolution exacte qui amène les pièces à 180° de la position qu'elles avaient pendant le pointage, c'est-à-dire dans la direction du but.

Le pointage indirect, nécessaire par les temps brumeux et pendant la nuit, s'exécute en amenant, au moyen de la circulaire graduée, la coupole dans une direction déterminée soit par un pointage direct préalable, soit par les rapports d'observateurs, soit d'après les indications d'un plan. Il n'est guère admissible que contre un but fixe.

Dans ce cas on peut très bien exécuter le feu, la coupole étant maintenue en mouvement en disposant sur la circulaire, sous un azimut convenable, et pour chaque canon. un contact qui détermine le passage d'un courant dans l'étoupille électrique correspondante. Les positions des deux contacts étant indépendantes, on peut très bien faire tirer les deux pièces sur des buts complètement distincts.

Pointage en direction. — Lorsqu'on emploie le pointage indirect, la coupole tourne d'un mouvement continu, obtenu comme il a été indiqué plus haut.

Pour le pointage direct, nécessaire contre des buts mobiles, il est nécessaire de disposer d'un mouvement lent, micrométrique pour ainsi dire, analogue à celui des instruments goniométriques. Les coupoles ont reçu à cet effet un mécanisme spécial, commandé de l'intérieur de la chambre de tir par un homme qui obéit aux indications du pointeur placé au trou d'homme.

Un frein, manœuvré également de l'intérieur, sert à opposer au mouvement de la coupole une résistance considérable qui empêche chaque pièce de déranger son propre pointage ou celui de l'autre pièce.

Pointage en hauteur. — Le pointage en hauteur peut se faire entre les angles de tir de 25° en élévation et de 2° en dépression. Pour en faciliter l'exécution et éviter l'emploi de tout mécanisme hydraulique compliqué et sujet à dérangements, on a équilibré l'ensemble du canon et des pièces mobiles de l'affût au moyen d'un contrepoids, ce qui permet d'employer simplement un treuil à engrenages sur lequel agit un seul homme. Un arc gradué, sur lequel se meut un curseur solidaire de l'affût, mesure à chaque instant l'angle de tir.

Après avoir indiqué les organes communs à toutes les coupoles à canons, nous allons pouvoir passer maintenant à la description détaillée des modèles présentés par chacune des usines françaises.

CHATILLON-COMMENTRY.

COUPOLES POUR 2 CANONS DE 12c (fig. 2, 3, 4 et 5).

Chambre de tir. — La chambre de tir possède une enveloppe en tôlerie renforcée par des montants verticaux à I et reliée à un plancher très résistant, composé de 3 forts

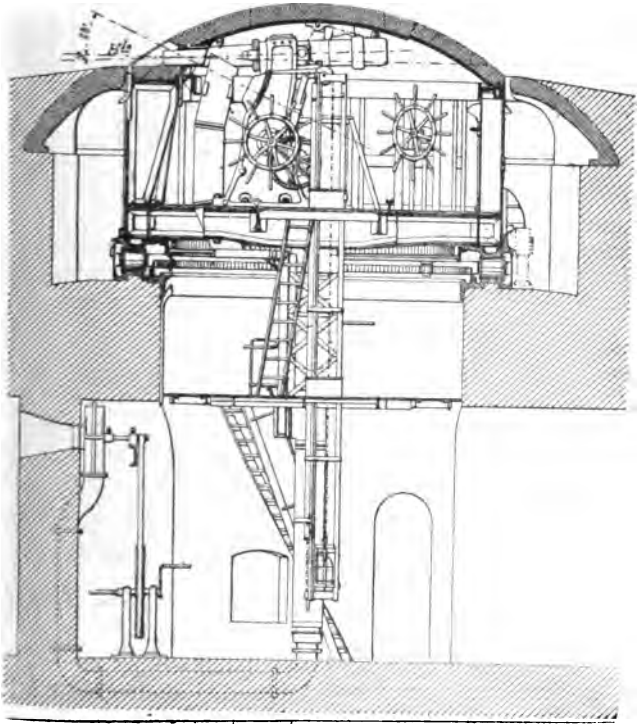


Fig. 2. — Coupole de Châtillon-Commentry. Coupe parallèle au plan de tir $\left(\frac{1}{100}\right)$.

sommiers à section tubulaire, entretoisés par deux poutres à I. Cette ossature est recouverte d'un parquet en bois percé de 2 trappes équilibrées, correspondant aux échelles, et de

deux autres panneaux mobiles à l'arrière des affûts pour permettre de descendre les canons à l'étage inférieur.

A la partie supérieure de l'enveloppe est disposée une couronne en tôle et cornières, qui relie les extrémités des montants à I et forme gorge circulaire.

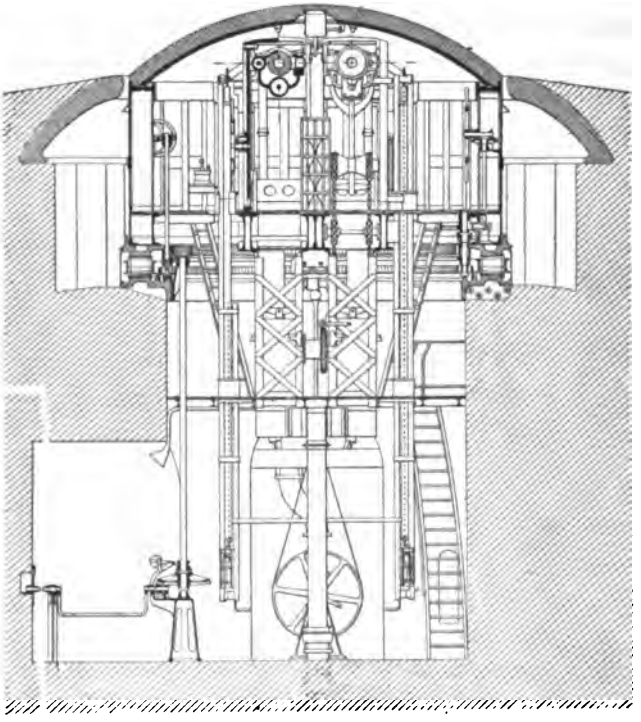


Fig. 3. — Coupole de Châtillon-Commentry. Coupe perpendiculaire au plan de tir $\left(\frac{1}{100}\right)$.

Les 4 montants supplémentaires qui se trouvent à l'avant du corps de la coupole ont une section variable et croissant de bas en haut, afin de supporter, outre la cuirasse, une pièce en fer rapportée, formant le fond des embrasures, et de recevoir des entretoises qui consolident les affûts. Les deux de ces montants les plus rapprochés de

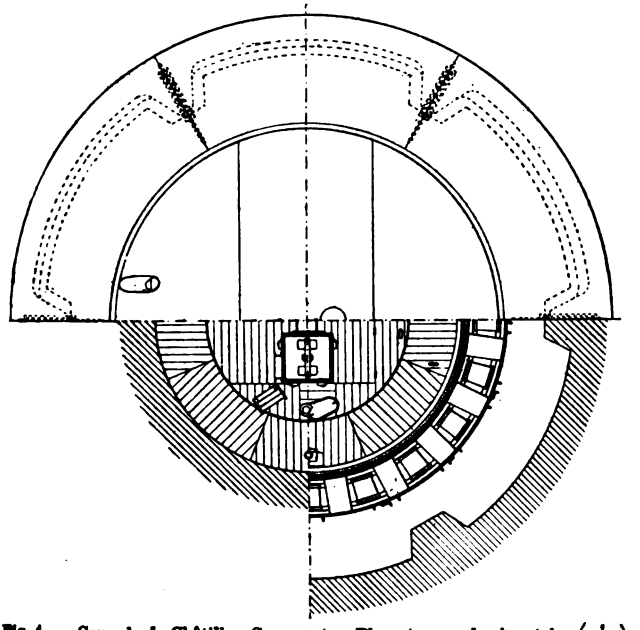


Fig. 4. — Coupole de Châtillon-Commentry. Plan et coupe horizontale. $\left(\frac{1}{100}\right)$.

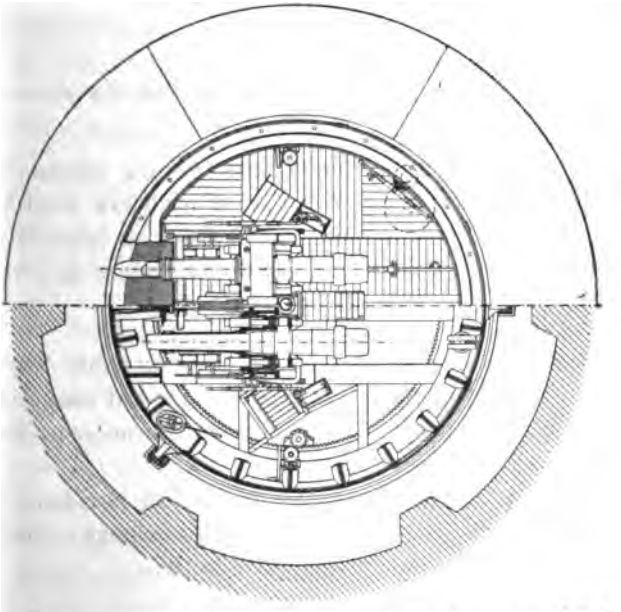


Fig. 5. — Coupole de Châtillon-Commentry. Coupes horizontales $\left(\frac{1}{100}\right)$.

l'avant de la coupole sont réunis entre eux de manière à former une poutre tubulaire.

Cuirasse. — La cuirasse, qui a la forme d'une calotte sphérique, est composée de 3 plaques, assemblées suivant des joints verticaux perpendiculaires au plan de tir, et doublées de deux tôles.

Le tout s'assemble avec le corps cylindrique de la coupole à l'aide de fortes vis qui traversent la couronne et entrent dans des trous taraudés pratiqués dans les bords de la cuirasse. Après montage, on remplit les vides de cet assemblage avec du plomb coulé à chaud (fig. 6).

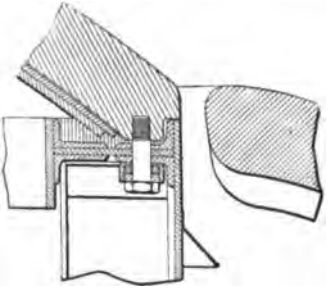


Fig. 6. — Coupole de Châtillon-Commentry. Assemblage de la cuirasse avec la tôlerie ($\frac{1}{20}$).

Dans la plaque antérieure sont percées les embrasures, dont les faces latérales sont des plans verticaux. La plaque médiane porte une ouverture circulaire dans laquelle est organisé l'observatoire, et la plaque postérieure est percée d'un trou de visée à l'opposé des embrasures.

Avant-cuirasse. — L'avant-cuirasse est en fonte dure et formée de 6 segments. Ceux d'entre eux qui sont placés du côté le moins exposé peuvent recevoir une épaisseur moindre (fig. 6).

Cette avant-cuirasse recouvre un couloir circulaire auquel on accède par une porte roulante ménagée dans la paroi de l'enveloppe de la chambre de tir.

Mouvement de rotation. — Le corps de la coupole repose sur une couronne de 20 galets en fonte avec double boudin, qui roulent entre deux circulaires en fonte: l'une fixe est scellée sur la maçonnerie, l'autre mobile est boulonnée sur la charpente métallique de la coupole. A cette circulaire supérieure est fixée une couronne en acier, dentée intérieurement, et dans laquelle engrène un pignon calé sur un arbre vertical.

A l'étage inférieur de la chambre de manœuvre (fig. 3) est un arbre horizontal, formant une longue manivelle, qui commande par un pignon d'angle une roue dentée horizontale, folle sur l'arbre de manœuvre de la coupole. Un manchon, enfilé sur cet arbre, et que l'on peut maintenir levé ou abaissé, permet de rendre à volonté indépendants ou solidaires les mouvements de la manivelle et de la coupole. Sur l'arbre horizontal coudé est disposé un cadran qui tourne devant un index : les hommes chargés de la manœuvre peuvent ainsi se rendre compte de la position occupée par la coupole. Cette disposition leur permet en conséquence d'accélérer le mouvement de rotation lorsque par exemple les embrasures passent dans une région exposée aux coups de l'ennemi, et enfin d'amener sans tâtonnements la coupole sous un orientement donné.

Affût. — Chacun des affûts, indépendant de l'autre, est composé de deux flasques très robustes, en acier coulé, solidement boulonnés sur les poutres du plancher et entretoisés entre eux à la partie supérieure. Ils sont réunis aux montants correspondants du corps cylindrique de la coupole par de forts tirants en tôle d'acier qui transmettent à tout l'ensemble les efforts dus au recul.

Entre ces flasques, dont la partie antérieure supérieure de la tranche est taillée concentriquement avec les embrasures, coulisse un berceau, qui est prolongé à l'avant par un fourreau F, le tout en acier coulé. Ce fourreau (fig. 7) est soutenu, à son extrémité antérieure, c'est-à-dire au

centre de l'embrasure, par deux bielles B dont les articulations inférieures sont reliées aux tirants des flasques d'affût.

Le système peut donc s'élever ou s'abaisser en restant indépendant de la cuirasse et des déformations qui peuvent lui survenir par suite du tir ennemi.

A l'arrière du berceau sont deux glissières H (fig. 8) venues de fonderie avec lui et qui sont destinées à guider le canon dans son mouvement de recul. Ce berceau porte encore, et venus aussi de fonderie, deux cylindres de frein et un troisième cylindre disposé pour le retour en batterie.

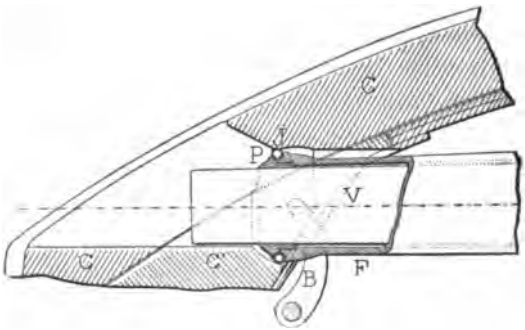


Fig. 7. — Coupole de Châtillon-Commentry. — Dispositif d'embrasure ($\frac{1}{20}$).

Sur chacun des tourillons du canon est monté un manchon coulisseau, également en acier coulé, dont la partie inférieure embrasse la glissière correspondante. Ce manchon s'assemble au moyen de deux clavettes avec la tige du piston de frein.

Frein. — Le frein comprend deux cylindres de recul placés de chaque côté de la pièce et dans un plan passant par l'axe de celui-ci.

Dans chacun se meut le piston.

Au-dessous de ces deux cylindres, et en communication avec eux, est un troisième cylindre de retour en batterie

(fig. 9 et 10) qui renferme un piston F sur lequel agit une pile de ressorts Belleville *r*.

Pendant le recul, le liquide qui se trouve refoulé par les pistons s'échappe par des rainures pratiquées dans la pa-

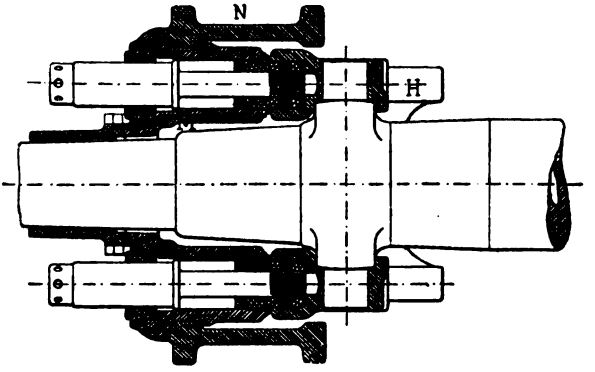


Fig. 8. — Coupole de Châtillon-Commentry. Détail du frein de recul. Coupe horizontale $\left(\frac{1}{20}\right)$.

roi des cylindres, et dont la profondeur est variable de manière à donner une résistance toujours constante. L'ex-

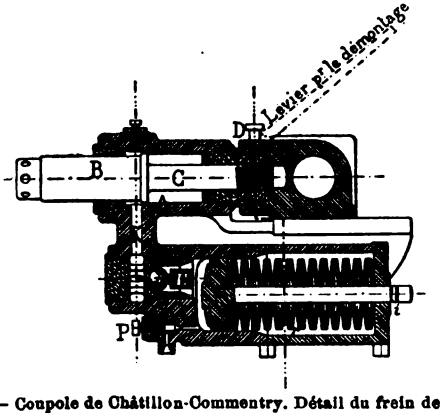


Fig. 9. — Coupole de Châtillon-Commentry. Détail du frein de recul. Coupe verticale $\left(\frac{1}{20}\right)$.

cédent du travail non consommé par la résistance du liquide est emmagasiné par le ressort du cylindre et sert à

déterminer la rentrée en batterie. Afin de modérer la vitesse de cette rentrée, on a intercalé sur le trajet du liquide une soupape à boulet G qui, soulevée de son siège pendant le recul, s'y appuie dès que le mouvement du liquide change de sens et ne lui laisse qu'une section de passage très faible. De cette manière, la rentrée en batterie est rendue très lente.

Un inconvénient des freins dans lesquels le liquide est maintenu sous pression réside dans les fuites qui peuvent se déclarer, sans qu'on en soit averti, et mettent l'appareil, tout au moins temporairement, hors de service. La Compagnie de Châtillon-Commentry a paré à cet inconvénient de la manière suivante : Lorsque la pièce est rentrée

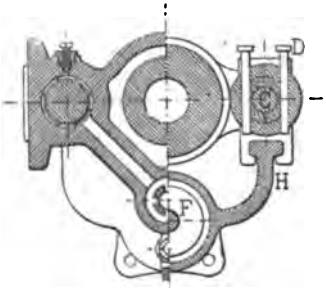


Fig. 10. — Coupole de Châtillon-Commentry. Détail du frein de recul. Coupe perpendiculaire à l'axe ($\frac{1}{20}$).

en batterie, il subsiste une lame de liquide de 15 mm d'épaisseur entre l'avant du piston et le fond du cylindre. Dès lors une fuite ne produira pas d'effet fâcheux tant que cette lame de liquide n'aura pas complètement disparu. Deux gorges *i* (fig. 9) sont pratiquées sur l'extrémité de la tige du piston. Lorsque le cylindre est rempli de liquide, elles sont visibles toutes les deux. Tant que la seconde est démasquée, le piston ne s'est pas avancé de 15 mm et le frein peut fonctionner.

Pour restituer le liquide écoulé, comme, du reste, pour remplir les cylindres, on se sert d'une pompe foulante que

l'on raccorde par un tuyau à petite section, en cuivre, avec l'ajutage du frein. Cette pompe est visible (fig. 3) à gauche de l'affût.

Pointage en direction. — Le mouvement lent nécessaire pour le pointage en direction est obtenu à l'aide d'une roue à poignées M qui agit par un engrenage d'angle R′ sur un arbre vertical (fig. 11).

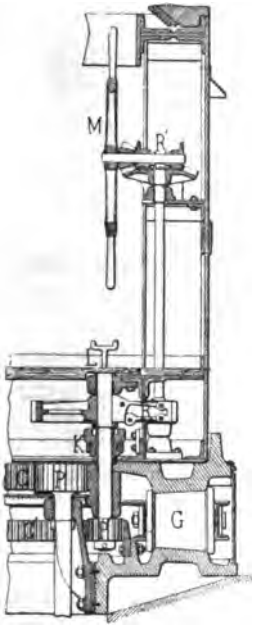


Fig. 11. — Coupole de Châtillon-Commentry. Mécanisme de rotation $\left(\frac{1}{40}\right)$.

Celui-ci transmet son mouvement par un engrenage droit R″ à un pignon de petit diamètre P′ qui engrène dans une couronne à denture intérieure C′, fixée à demeure sur la circulaire inférieure de roulement.

Un levier de débrayage L, agissant sur le manchon K, permet de rendre ce pignon indépendant de son mécanisme de manœuvre.

Au-dessous de la couronne mobile C se trouve une circulaire graduée, mobile avec la coupole ; un index fixé à la circulaire de roulement inférieure, permet de lire à chaque instant l'orientement de la coupole, sans que l'observateur ait besoin de se déplacer.

Chacun des deux freins est constitué (fig. 12) par un sabot S sur lequel agit un arbre fileté V, que l'on manœuvre avec un volant manivelle *m* par l'intermédiaire

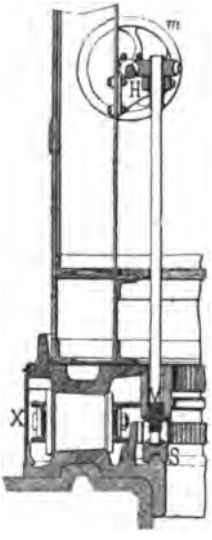


Fig. 12.— Coupole de Châtillon-Commentry. Mécanisme du frein de la coupole $\left(\frac{1}{40}\right)$.

d'un engrenage à vis tangente H. Le sabot est pourvu d'une entaille qui emboîte une nervure à section trapézoïdale venue de fonte avec la circulaire inférieure.

Pointage en hauteur. — A la partie inférieure du berceau (fig 13) est articulée une bielle à fourche F dont la partie inférieure porte une traverse aux extrémités de laquelle s'attachent deux chaînes C. Celles-ci s'enroulent d'un demi-tour sur les gorges à empreintes d'un treuil B', passent sur deux poulies de renvoi qui les ramènent dans

un même plan méridien de la coupole, et viennent se terminer sur les extrémités d'un balancier au milieu duquel est suspendu un contrepoids qui fait équilibre à l'ensemble du berceau et du canon, et qui se meut dans une gaîne à claire-voie. On agit sur le treuil au moyen d'une

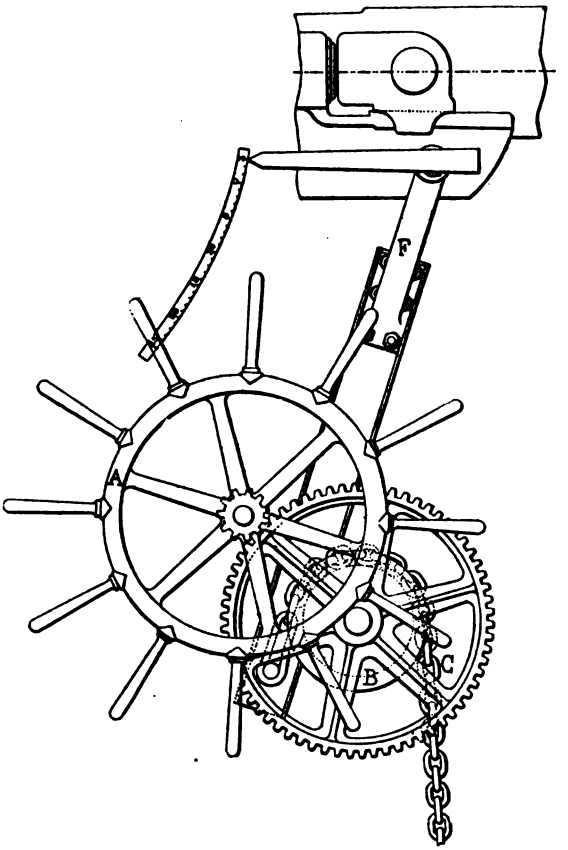


Fig. 13. — Coupole de Châtillon-Commentry. Dispositif de pointage en hauteur $\left(\frac{1}{20}\right)$.

roue dentée, calée sur son axe ; elle est commandée par un pignon que l'on fait tourner avec une roue à poignées A, susceptible d'être calée dans une position quelconque à l'aide d'un frein spécial non représenté.

A la partie arrière des glissières du frein est fixé un bras dont l'extrémité aiguë sert d'index et se déplace sur un arc gradué, porté par la glissière du flasque extérieur.

L'homme qui manœuvre la roue à poignées pour donner le pointage en hauteur a ainsi sous les yeux l'indication en degrés de l'inclinaison de la pièce, qu'il fait passer d'une position extrême à l'autre en 20 à 30 secondes.

Obturation. — L'obturation du joint qui existe entre les pièces et les embrasures est assurée de la manière suivante (fig. 7) :

En dessous des embrasures est établie une forte pièce C′ en acier coulé assemblée avec la plaque antérieure de cuirasse C.

Le canal de chaque embrasure est dressé intérieurement suivant une cavité sphérique. Elle reçoit concentriquement une saillie P de diamètre un peu moindre qui termine le fourreau F dans lequel glisse la volée V. Cette saillie est en deux pièces, dans le joint desquelles est serré un bourrelet élastique J qui remplit exactement l'intervalle libre.

L'ouverture que les galets laissent libre entre les deux circulaires de roulement est obturée au moyen de panneaux mobiles en tôle (fig. 12), formant une enveloppe continue et munis, à la partie supérieure, d'une bande de cuir qui s'appuie contre la circulaire mobile.

Ventilation. — Un ventilateur à force centrifuge, de 80 cm de diamètre, est établi dans une niche de l'étage inférieur (fig. 2 et 3). Une transmission par courroie, établie dans de bonnes conditions, lui communique une vitesse.

L'air est refoulé, après deux changements de direction, dans un conduit vertical en tôlerie, établi suivant l'axe de la coupole et qui se bifurque en deux conduits aboutissant finalement à côté de la volée de chaque pièce.

La Compagnie de Châtillon-Commentry a étudié un dispositif plus complet. Il comprend deux ventilateurs sur le même axe. L'un fonctionne comme il vient d'être indiqué, par refoulement d'air frais. L'autre aspire l'air vicié par deux orifices débouchant au-dessous des canons et le refoule dans une boîte communiquant avec le couloir qui règne sous l'avant-cuirasse. Des clapets empêchent la rentrée de gaz par cette boîte.

Observatoire. — L'observatoire est constitué par un trou de 30 cm de diamètre (fig. 14), pratiqué dans la pièce

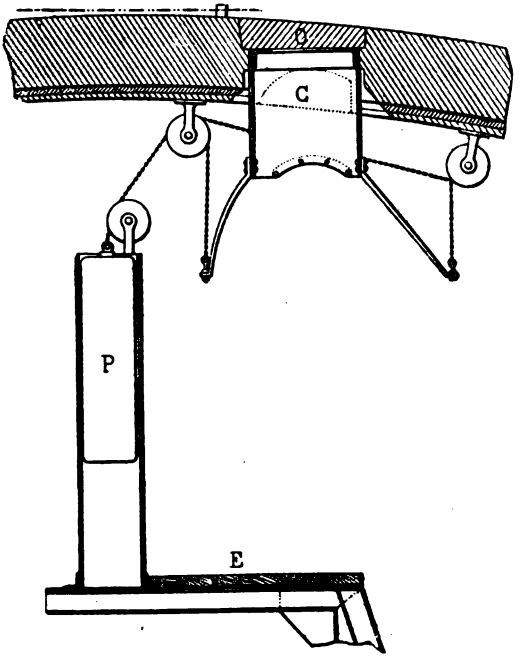


Fig. 14. — Coupole de Châtillon-Commentry. Détails de l'observatoire $\left(\frac{1}{20}\right)$.

médiane de la cuirasse, à 35 cm du sommet de celle-ci. A l'intérieur de ce trou d'homme coulisse un cylindre creux C dont la paroi en tôle est percée de plusieurs ou-

vertures, et qui est fermé à sa partie supérieure par un disque d'acier O de diamètre un peu supérieur, auquel correspond une feuillure. A sa partie inférieure, ce cylindre porte deux oreilles auxquelles s'attachent deux chaînettes reliées à un contrepoids un peu plus léger P.

L'observateur montant au sommet d'une plate-forme spéciale E introduit sa tête dans le cylindre C dont les bords inférieurs s'appuient sur ses épaules, et il le soulève en se redressant. Lorsqu'il a terminé, il s'abaisse et la prépondérance du poids du cylindre sur celui du contrepoids le fait redescendre dans son logement.

Monte-charges. — Le monte-charges établi à côté de chaque pièce se compose (fig. 2 et 3) d'une colonne creuse, à jour, à section rectangulaire, dans laquelle monte et descend une cage. Une chaîne fixée par ses extrémités à cette cage passe sur deux poulies de renvoi, dont l'une, celle établie à la partie inférieure, est commandée par une manivelle.

Les munitions déposées à l'étage inférieur dans la cage sont ainsi élevées jusqu'à la hauteur des culasses des bouches à feu, où les servants les introduisent à bras.

A l'arrière de chaque pièce est disposé un refouloir à rallonge (fig. 2), articulé à son extrémité avec la paroi de la chambre de tir, et équilibré par deux contrepoids. Il permet de pousser le projectile à fond dans son logement, et même de l'y coincer de manière à éviter qu'il ne retombe dans le tir sous de grands angles.

Remplacement d'organes hors de service.

Canon. — Pour enlever un canon, on retire, à l'aide d'un levier, les 4 clavettes D qui servent à l'assemblage des 2 tiges des freins de recul (fig. 9). La pièce devient immédiatement libre sans qu'il y ait à toucher au reste du frein.

En donnant au châssis une inclinaison convenable, le canon descend en arrière ; on le retient à l'aide de palans, frappés sur des pitons solidement ancrés à la chemise en tôle. On le descend enfin à l'étage inférieur au moyen d'un treuil établi à poste fixe, au-dessous du plancher de la chambre de tir et commandé à vis sans fin (fig. 3) ; sur ce treuil s'enroule un câble en fils d'acier qui passe sur une poulie suspendue, comme il été dit, à la cuirasse.

On remet en place un canon par des moyens exactement inverses.

Cette opération demande en tout moins de 2 heures.

Galets. — Pour remplacer des galets hors de service, on soulève le corps de coupole tout entier. A cet effet, on agit simultanément sur trois vérins hydrauliques (fig. 2, 4 et 5) qui reposent sur le sol de la galerie et viennent agir sur trois fortes oreilles solidement fixées sur la face extérieure de l'enveloppe cylindrique de la chambre de tir. En enlevant en outre les panneaux mobiles (fig. 5), tous les galets deviennent accessibles à la fois et l'on peut enlever l'un quelconque d'entre eux en déboulonnant la partie correspondante de la couronne extérieure.

Coupole pour un canon de 12c.

Cette coupole ne diffère de celle pour 2 canons que par son diamètre qui est un peu moindre.

SAINT-CHAMOND.

COUPOLES POUR 2 CANONS DE 15c
(fig. 15, 16, 17 et 18).

Chambre de tir. — Corps de coupole. — Le corps de la coupole de Saint-Chamond est formé de deux tôles d'a-

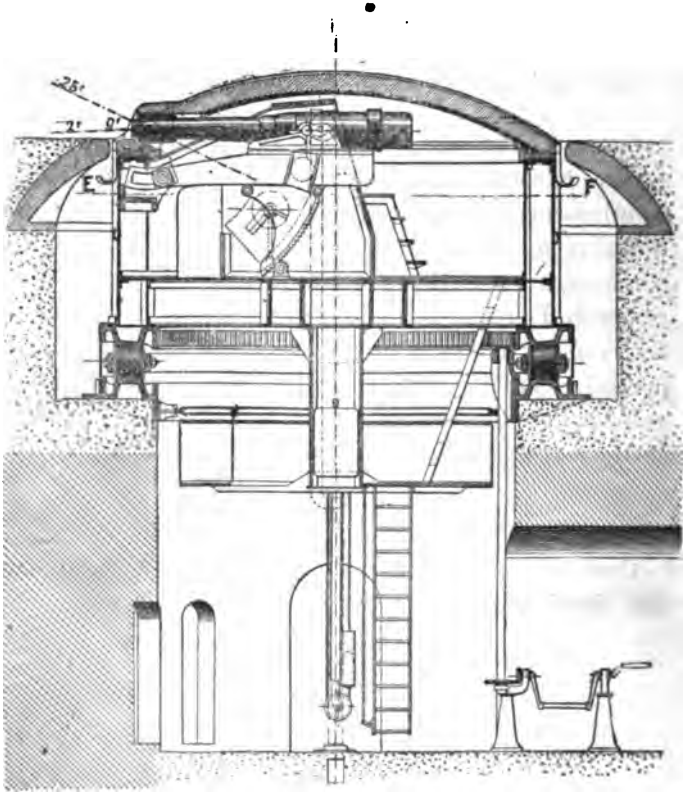


Fig. 15. — Coupole de Saint-Chamond. Coupe verticale parallèle au plan de tir $\left(\frac{1}{100}\right)$.

cier de 20 mm d'épaisseur, contournées suivant des cylindres concentriques et entretoisées par 15 pièces verti-

cales en I. Cette enveloppe est reliée à la partie inférieure à une plate-forme circulaire en tôlerie.

Substructions. — Le corps de la tourelle est établi à la partie supérieure d'un puits en maçonnerie, dont l'étage inférieur, en communication avec les locaux du fort, forme la chambre de manœuvre de la coupole. Grâce à la suppression du pivot, aucune voûte ne vient créer de séparation dans ce puits où les communications restent faciles.

Cuirassement mobile. — Le cuirassement mobile est

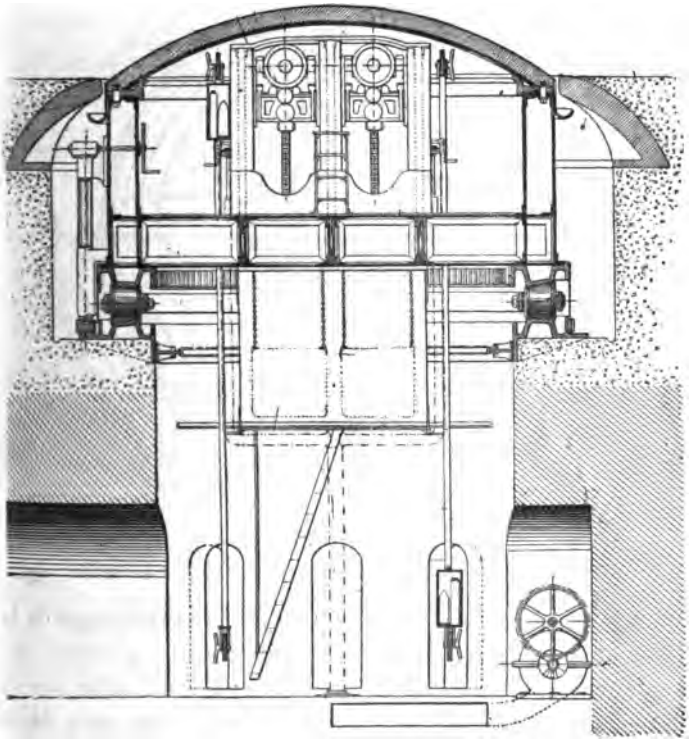


Fig. 16. — Coupole de Saint-Chamond. Coupe verticale perpendiculaire au plan de tir ($\frac{1}{100}$).

formé, dans la coupole pour 2 canons de 15c, de :

1° 3 plaques en fer laminé, de 20 cm d'épaisseur, as-

semblées suivant des joints verticaux parallèles au plan de tir des canons. Ces 3 plaques deviennent, par leur ensemble, une calotte sphérique ;

2° D'une calotte formée de 2 tôles d'acier de 20 mm assemblées l'une sur l'autre à l'aide de rivets à tête noyée.

Ces deux éléments sont assemblés lors du montage définitif sur place, au moyen de vis sans tête enfoncées dans des trous qui traversent la doublure et ne pénètrent que dans l'épaisseur de la cuirasse (trous borgnes).

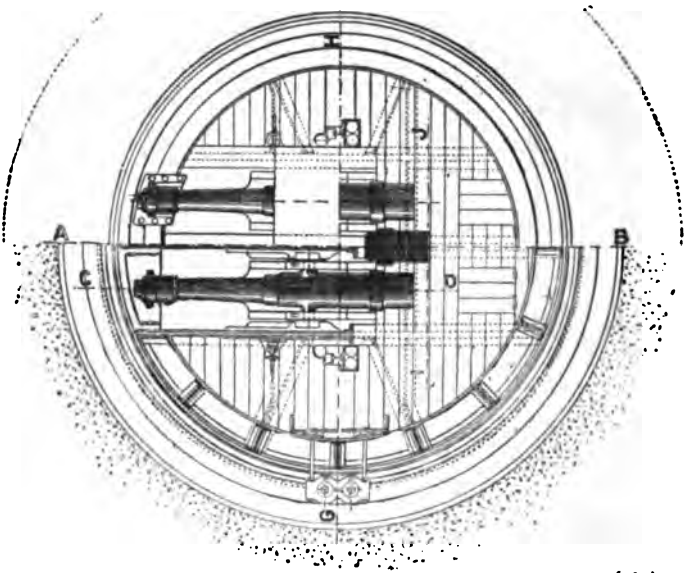


Fig. 17. — Coupole de Saint-Chamond. Coupes horizontales $\left(\frac{1}{100}\right)$.

La cuirasse s'assemble à l'enveloppe cylindrique de la chambre de la tourelle par l'intermédiaire d'une sablière circulaire en acier coulé, munie d'un talon sur sa circonférence intérieure, et d'une languette près de la circonférence extérieure. Cette saillie entre dans une rainure circulaire pratiquée sur la face inférieure du bord de la cuirasse, pourvue de trous borgnes où pénètrent des vis verticales traversant la couronne de la tôlerie du corps

de coupole et la sablière, de manière à rendre le tout solidaire (fig. 19).

La plaque médiane de la cuirasse est percée de deux embrasures, d'un trou d'homme et d'un canal de pointage direct qui seront décrits plus loin.

Mouvement de rotation. — La chambre de tir repose par l'intermédiaire d'une circulaire en fonte boulonnée au-dessous de la plate-forme sur une couronne de 20 galets coniques, qui porte à son tour sur une circulaire semblable à la première, mais scellée sur la maçonnerie.

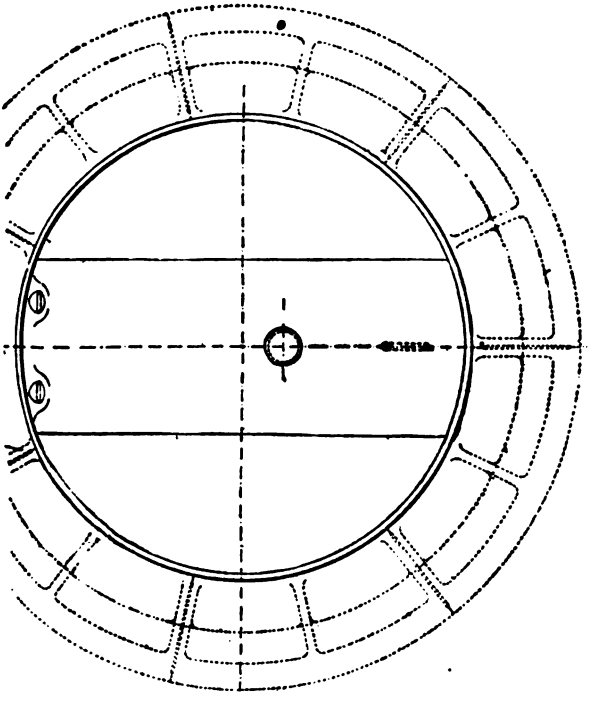


Fig. 18. — Coupole de Saint-Chamond. Plan $\left(\frac{1}{100}\right)$.

Les galets sont pourvus d'un double boudin qui emboîte les deux circulaires et empêche tout déplacement transver-

sal de l'une par rapport à l'autre ; ce dispositif assure le guidage.

Les axes des galets s'emboîtent dans deux couronnes concentriques à section en ⊂, qui maintiennent leur distance invariable.

La circulaire supérieure porte une denture intérieure dans laquelle engrène un pignon calé à la partie supérieure d'un arbre vertical, qui est actionné, à l'aide de

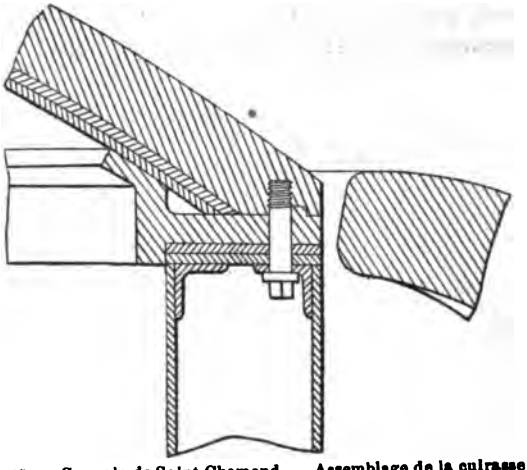


Fig. 19. — Coupole de Saint-Chamond. — Assemblage de la cuirasse avec la tôlerie $\left(\frac{1}{100}\right)$.

2 roues d'angle, par des hommes agissant sur un arbre horizontal à deux manivelles.

Ces 6 hommes agissant sur les manivelles, impriment à la coupole un mouvement de rotation autour d'un axe vertical, avec une vitesse d'un tour en 2 minutes environ.

Affûts. — Les flasques des deux affûts des pièces armant la coupole sont constitués par 3 panneaux verticaux en tôlerie, solidement reliés à l'ossature du plancher et à l'enveloppe cylindrique de la coupole, et indépendants de la cuirasse.

Le châssis, en acier coulé (fig. 19 *bis* et 20), porte deux cylindres de frein B et un cylindre de remise en batterie qui renferme un piston P agissant par une traverse sur deux colonnes R de ressorts Belleville, disposées sur les côtés.

Un affût A, également en acier coulé, est monté sur les tourillons de la pièce, et coulisse sur deux glissières venues

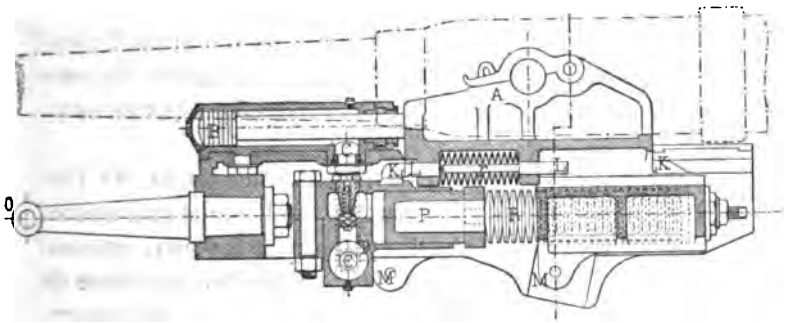


Fig. 19 *bis*. — Coupole de Saint-Chamond. Coupe longitudinale du frein de recul $\left(\frac{1}{30}\right)$.

de fonderie avec le châssis ; il est assemblé avec les tiges des pistons de frein.

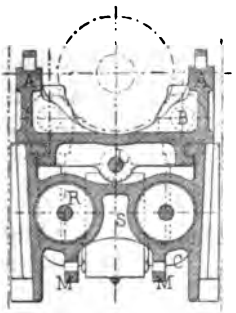


Fig. 20. — Coupole de Saint-Chamond. Coupe transversale du frein de recul $\left(\frac{1}{30}\right)$.

Lors du recul, le liquide, qui est un mélange de 3 parties de glycérine pour 2 parties d'eau, est refoulé par C de chaque cylindre de frein dans une boîte à clapet S

placée sur l'axe du châssis, et de là dans le cylindre du récupérateur.

L'affût porte 2 tampons de choc L, L, agissant sur le même ressort Belleville *r*, dont on peut régler la pression à volonté. Ils viennent buter contre les arrêtoirs K, K, à la fin du mouvement de recul ou de retour en batterie, et complètent ainsi l'action du frein à récupérateur.

Le recul terminé, les ressorts chassent le liquide sur les pistons de frein par un canal spécial très étroit T constamment ouvert et non par la boîte à clapets : de cette manière la remise en batterie est automatique et très lente.

Pointage en hauteur. — L'ensemble du canon, de l'affût et du châssis est guidé par des coulisseaux embrassant des glissières courbes boulonnées aux panneaux, concentriquement avec le centre de l'embrasure. Le centre de gravité du système étant situé en avant des coulisseaux, on a diminué les résistances passives en supportant le châssis au moyen d'un galet O (fig. 20), qui glisse dans un troisième coulisseau situé au-dessous de l'embrasure, concentriquement avec celle-ci, et solidement relié à la tôlerie qui enveloppe la chambre de tir (fig. 15).

Deux poulies, établies à la partie supérieure des panneaux, une de chaque côté de l'espace réservé à la pièce, supportent deux chaînes dont une extrémité est reliée au châssis, et l'autre à un fort contrepoids qui lui fait sensiblement équilibre.

Une crémaillère courbe, fixée en M,M au châssis (fig. 20), engrène avec un pignon que l'on actionne au moyen d'une série d'engrenages et d'un volant-manivelle établi sur le panneau extérieur.

La liaison des chaînes avec le contrepoids a lieu par l'intermédiaire d'un ressort en rondelles Belleville, destinées à amortir les réactions.

Une graduation en degrés et fractions de degré est fixée sur la semelle arrière du même panneau.

Pointage en direction. — Dans une disposition antérieure, figurée sur la coupe horizontale (fig. 17), le mou-

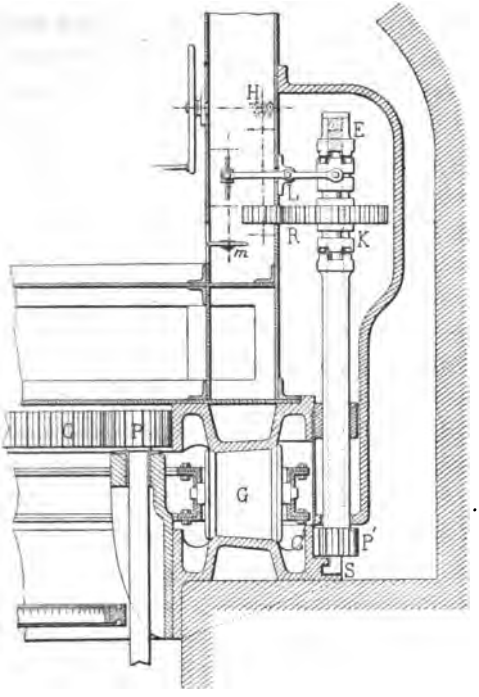


Fig. 20 *bis*. — Coupole de Saint-Chamond. Mécanisme de rotation et de frein de la coupole $\left(\frac{1}{40}\right)$.

vement de rotation lent et le serrage du frein étaient assurés par deux arbres verticaux, commandés chacun par un volant-manivelle particulier. Ces deux mécanismes étaient disposés côte à côte, de manière qu'un seul homme pût les faire manœuvrer successivement.

Sur les tourelles essayées à Saint-Chamond, on a commandé les deux mouvements par un volant-manivelle unique dont le mode d'action est représenté figure 20 *bis*.

Le pignon, qui est commandé par un engrenage d'angle H, engrène dans une roue horizontale R, qui est folle

sur la tige du frein et dont le moyeu porte des dents d'embrayage.

La partie inférieure de cette tige est embrassée par un arbre creux, lequel porte un pignon P′ qui engrène dans la couronne C′, en acier coulé, solidaire de la circulaire de roulement inférieure, dentée extérieurement.

La tige du frein est filetée à sa partie supérieure et emboîtée par un écrou E, pourvu lui aussi de dents en regard de celles du manchon K.

Par suite, lorsqu'à l'aide du volant *m* et d'une fourchette d'embrayage L on abaisse le manchon K, et qu'on fait tourner le volant-manivelle, le mouvement de la roue dentée se transmet au pignon P′, et la coupole tourne d'un mouvement lent.

Pour la caler dans une position quelconque, il suffit de relever le manchon K et de tourner le volant dans le sens du serrage de la vis du frein ; la partie inférieure de celui-ci, qui est recourbée en S et s'engage dans une gorge creusée autour de la circulaire fixe, au-dessous de la denture, agit sur la joue de cette gorge avec une pression d'une dizaine de tonnes.

En temps ordinaire, pour que ce mécanisme ne vienne pas résister à l'action du treuil de l'étage inférieur, on maintient le manchon dans sa position moyenne.

Une circulaire graduée, solidaire de la circulaire de roulement fixe, et en regard de laquelle se meut un index porté par la partie mobile de la coupole, sert au pointage en direction.

Obturation. — L'espace laissé libre par les galets entre les deux circulaires de roulement est enveloppé par une tôlerie cylindrique de 5 mm d'épaisseur, fixée à sa partie supérieure et venant embrasser de très près un rebord de la circulaire fixe.

Les ouvertures de 8 cm de diamètre ménagées dans la paroi cylindrique de la chambre de tir, pour l'expulsion

de l'air chargé de fumée, sont munies (fig. 21) de clapets à charnière ouvrant de l'intérieur à l'extérieur, et sollicités en permanence par un ressort; l'effort exercé par celui-ci serait vaincu par la pression des gaz provenant de l'explosion d'un projectile dans le voisinage du joint en-

Fig. 21. — Coupole de Saint-Chamond. Clapet.

tre la cuirasse et l'avant-cuirasse, et les clapets se fermeraient.

Un loqueteau, également à ressort, permet de maintenir ces clapets fermés lorsqu'on le désire.

La volée du canon est revêtue d'un manchon dont la surface extérieure est cylindrique et coulisse dans un manchon mobile autour de deux tourillons horizontaux ayant leurs logements dans l'embrasure.

Ce manchon est en deux pièces, l'une en bronze, l'autre extérieure en acier, se vissant l'une sur l'autre; elles serrent entre leurs renflements antérieurs une rondelle de cuivre rouge et une rondelle de cuir de diamètre un peu plus large et égal à celui de la cavité sphérique pratiquée à l'arrière de l'embrasure (fig. 22).

Ventilation.— L'air, chassé par un ventilateur soufflant, arrive par un canal souterrain qui se redresse verticalement et s'assemble par joint hydraulique avec le conduit disposé suivant l'axe de la coupole (fig. 16).

Ce conduit se bifurque au-dessous du plancher inter-

médiaire en deux branchements qui viennent déboucher dans la chambre de tir.

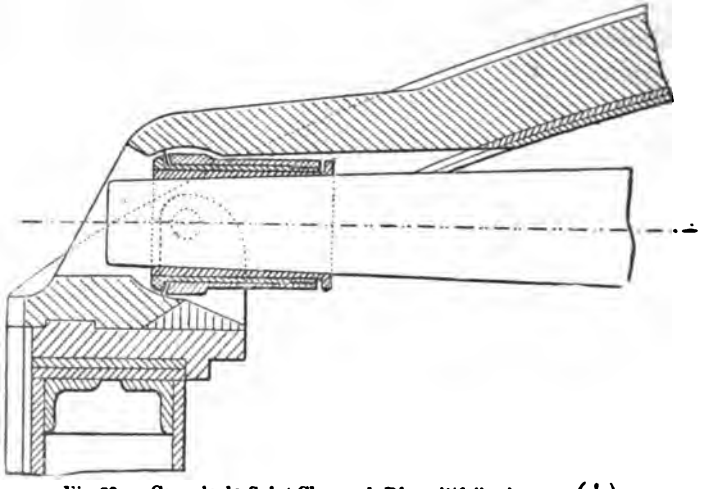


Fig. 22. — Coupole de Saint-Chamond. Dispositif d'embrasure $\left(\frac{1}{20}\right)$.

La fumée est chassée par des ouvertures pratiquées dans l'enveloppe cylindrique, et, par le trou d'homme observatoire, lorsque celui-ci est ouvert.

Ascenseurs.— Le guidage du monte-charges est obtenu à l'aide des deux semelles d'un fer à I qui descend depuis la partie supérieure de la chambre de tir jusqu'à la partie inférieure du sous-sol, dans le plan méridien perpendiculaire au plan de tir.

La lanterne qui renferme les munitions est pourvue d'un coulisseau qui embrasse l'une de ses semelles, tandis que le contrepoids glisse de la même manière le long de l'autre. Deux poulies, disposées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure du monte-charges, reçoivent les chaînes qui relient la lanterne au contrepoids et peuvent être immobilisées chacune à l'aide d'un écrou à oreilles.

Une manivelle calée sur la poulie inférieure permet à

un servant de faire monter les munitions de la pièce correspondante.

Observatoire. — Dans la plaque médiane de la coupole et dans le plan méridien parallèle au plan de tir, est percé un trou circulaire de 40 cm de diamètre, qui traverse également le doublage en tôlerie, et est pourvu à la partie supérieure d'une feuillure (fig. 23).

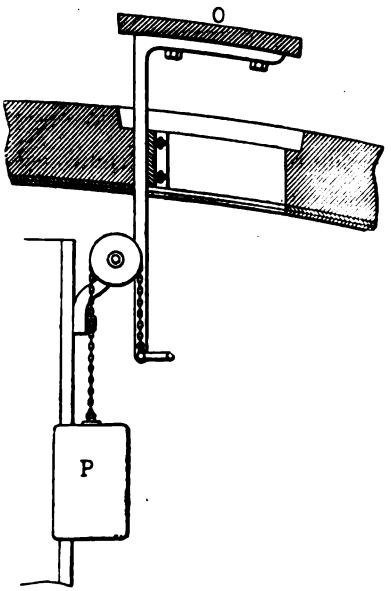


Fig. 23. — Coupole de Saint-Chamond. Détails de l'observatoire $\left(\frac{1}{20}\right)$.

L'obturation de cette ouverture est obtenue au moyen d'une plaque O de 5 cm d'épaisseur, montée à l'extrémité d'une tige prismatique verticale qui coulisse dans un guide.

Tout le système est équilibré par un contrepoids P guidé et des chaînes passant sur des poulies. L'observateur qui passe sa tête par ce trou est protégé seulement contre les coups verticaux ; en revanche, il embrasse d'un coup d'œil tout le tour d'horizon.

Remplacement d'organes hors de service.

Galets. — Pour permettre le remplacement facile d'un galet détérioré, on a adopté la disposition suivante (fig. 24) :

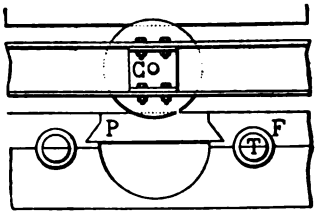


Fig. 24. — Coupole Saint-Chamond. Dispositif de remplacement d'un galet ($\frac{1}{40}$).

La circulaire de roulement inférieure est coupée en E sur une longueur un peu supérieure au diamètre d'un galet ; la solidarité entre les deux tronçons de la circulaire est rétablie au moyen d'une pièce en fonte, rapportée en dessous ; l'assemblage a lieu par des tenons demi-cylindriques T, venus de fonte sur chaque pièce ; des frettes en fer F, posées à chaud, serrent énergiquement ces deux demi-cylindres l'un contre l'autre. Au-dessus de la brèche on a jeté un pont P qui rétablit la continuité de la voie de roulement.

Ceci posé, pour enlever un galet, on l'amène au-dessus de la brèche. On déboulonne la pièce porte-coussinet C, on enlève le pont et l'axe du galet qui tombe alors dans l'échancrure d'où on peut le retirer facilement. La pose du nouveau galet se fait par des moyens inverses.

Coupole pour 1 canon de 12c.

La coupole pour 1 canon de 12c ne diffère guère de celle qui vient d'être décrite que par ses dimensions qui sont plus faibles. La toiture cuirassée conserve la même épaisseur, mais elle ne comprend que deux pièces, qui sont assemblées suivant un joint perpendiculaire au plan de tir.

CREUSOT.

COUPOLES POUR CANONS DE 15c
(fig. 25, 26, 27 et 28).

Chambre de tir. — La chambre de tir est limitée par une enveloppe cylindrique en tôle de 20 mm d'épaisseur, renforcée par 14 montants verticaux à section en I, com-

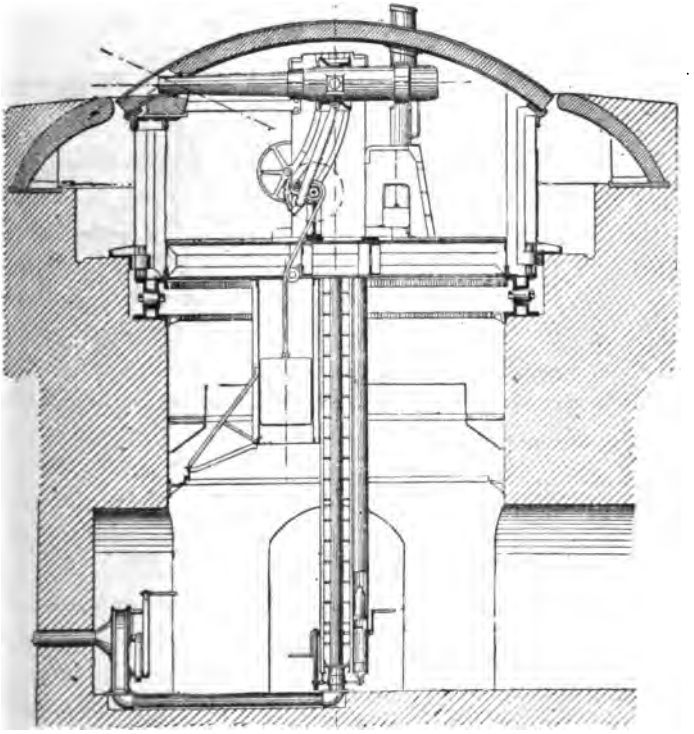


Fig. 25. — Coupole du Creusot. Coupe verticale parallèle au plan de tir $\left(\frac{1}{100}\right)$.

posés de tôles de 20 mm et de cornières de la même épaisseur et de 150 mm de largeur d'aile.

Elle repose sur un croisillon composé de 3 poutres lon-

gitudinales (parallèles au plan de tir) et de 2 poutres transversales perpendiculaires au plan de tir, de la même composition que les montants.

La tôlerie servant de doublage à la cuirasse est formée de disques centraux et de secteurs rayonnants, disposés à joints contrariés; elle est assemblée avec la paroi cylindrique au moyen d'une forte pièce circulaire en acier moulé, ayant la forme d'une cornière à talon.

L'enveloppe de la chambre de tir est percée d'une porte

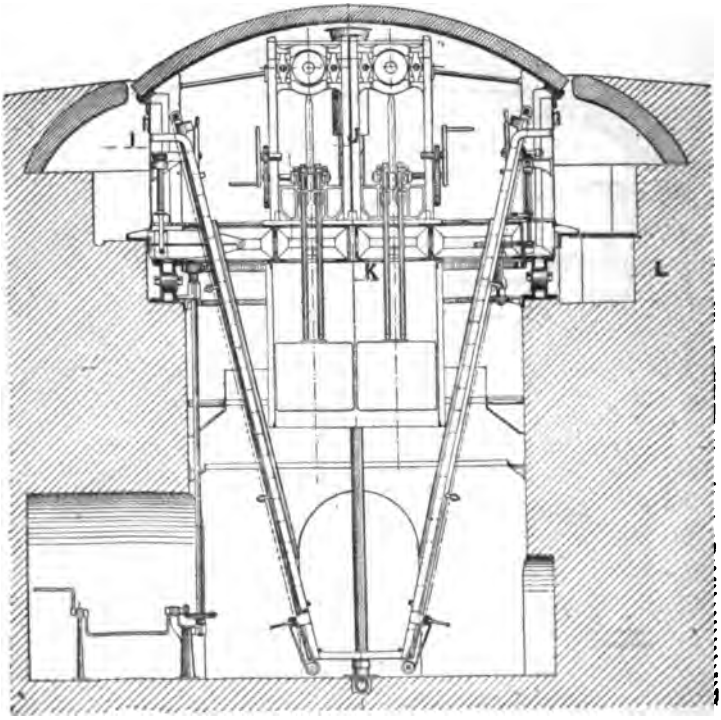


Fig. 26. — Coupole du Creusot. Coupe verticale perpendiculaire au plan de tir $\left(\frac{1}{100}\right)$.

qui ouvre dans le couloir de l'avant-cuirasse.

Cuirasse. — La cuirasse de la coupole est constituée par 3 plaques de 20 cm d'épaisseur juxtaposées suivant des

joints plans, verticaux et perpendiculaires à la direction du plan de tir.

Elle est fixée à la tôlerie de la coupole par les vis borgnes qui la relient au doublage en tôle, et s'emboîte dans le rebord de la cornière à talon dont il a été parlé plus haut.

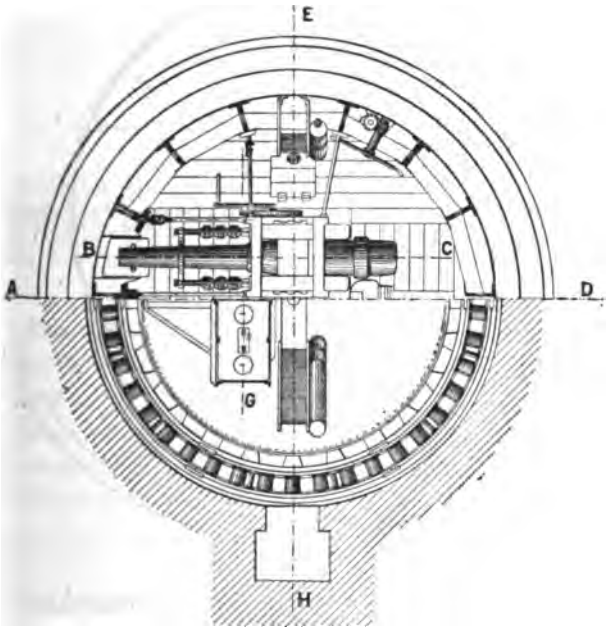


Fig. 27. — Coupole du Creusot. Coupes horizontales $\left(\frac{1}{100}\right)$.

Les embrasures sont simplement percées dans l'une des plaques latérales, et ne sont accompagnées d'aucun renflement dans la cuirasse. Il n'existe donc pas de saillie faisant connaître à l'ennemi l'emplacement des embrasures par la modification du contour apparent de la coupole.

En dessous des embrasures est disposée une pièce épaisse, destinée à renforcer la cuirasse dans cette région et à emboîter, avec un jeu de 20 mm, la partie de la volée voisine de la bouche.

Avant-cuirasse. — Les segments en fonte dure composant l'avant-cuirasse sont au nombre de 6. Ils sont as-

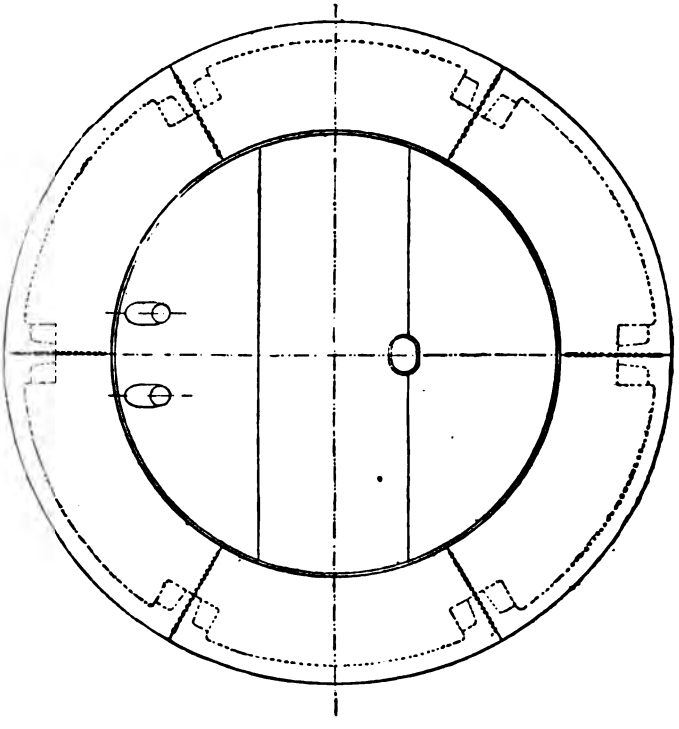


Fig. 28. — Coupole du Creusot et avant-cuirasse. Plan $\left(\frac{1}{100}\right)$.

semblés entre eux à l'aide de nervures à patin G (fig. 29). Des semelles en acier coulé G embrassent ces patins avec interposition de clavettes C destinées à opérer le serrage.

Le sommet de l'avant-cuirasse dépasse légèrement le niveau du bord extérieur de la cuirasse de la coupole ; il subsiste entre les parties fixe et mobile un intervalle annulaire de 5 cm de largeur.

La galerie circulaire qui règne au-dessous de l'avant-cuirasse et autour de l'enveloppe de la chambre de tir a une hauteur d'environ 1,80 m. Son sol est à un niveau sen-

siblement le même que celui du plancher de la chambre de tir. Un puits, recouvert habituellement par une trappe

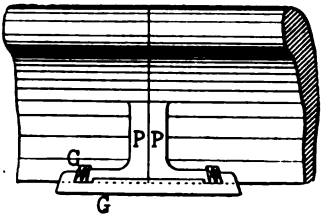


Fig. 29.— Coupole du Creusot. Assemblage des segments de l'avant-cuirasse $\left(\frac{1}{50}\right)$.

en tôlerie, permet de descendre au niveau de la couronne de galets, pour les visiter et les remplacer lorsque la chose devient nécessaire.

Mouvement de rotation. — La coupole est guidée dans son mouvement de rotation par deux systèmes de galets. Les uns G, à axe horizontal et au nombre de 42 (fig. 30), roulent entre deux circulaires en fonte, l'une scellée sur la maçonnerie de la cuve, l'autre boulonnée sous la charpente de la plate-forme de la coupole. Ces galets sont en acier forgé ; ils ont la forme d'un tronc de cône, renforcé sur la face interne, par un boudin. Les axes, venus de forge, pénètrent dans des coussinets en bronze portés par deux couronnes concentriques, composées chacune de 6 segments.

Les autres galets G′, au nombre de 8 seulement, sont cylindriques et à axe vertical. Ils sont établis sur le pourtour de la tôlerie de la coupole, dont ils traversent l'enveloppe, percée à cet effet de fenêtres rectangulaires, et ils prennent appui sur la face interne d'une circulaire en acier coulé, à section de cornière, scellée sur le second rebord de la cuve en maçonnerie. La circulaire mobile de roulement, fixée à la coupole, porte une denture intérieure C dans laquelle engrène un pignon P commandé,

au moyen d'un engrenage d'angle, par un arbre à double manivelle établi dans le sous-sol de la cuve (fig. 25).

Pointage en direction. — Le mouvement lent destiné au tir à pointage direct est obtenu au moyen d'une couronne C′ dentée intérieurement, qui est solidaire de la

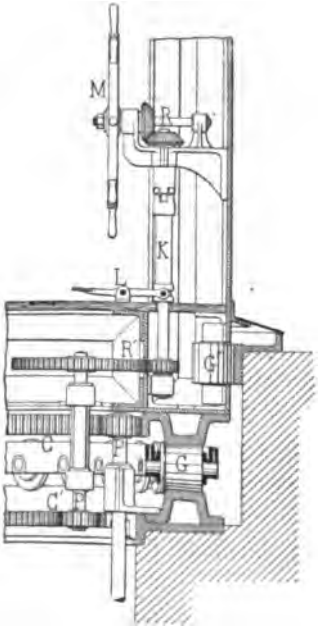


Fig. 30. — Coupole du Creusot. Mécanisme de rotation $\left(\frac{1}{10}\right)$.

circulaire fixe de roulement de la coupole. Dans cette couronne engrène un pignon P′ commandé par une roue à poignées M ; le mouvement est ralenti par un engrenage d'angle R et un engrenage droit R′.

Un manchon de débrayage K qui embrasse l'arbre vertical, et est commandé par un levier L à pédale, permet de n'embrayer ce mécanisme de commande du mouvement micrométrique qu'après l'arrêt du treuil des grands mouvements.

Un index, porté par une armature fixée à la paroi de la

cage aux contrepoids des pièces, se meut devant une circulaire graduée, fixée à la paroi de la cuve en maçonnerie, dans sa partie moyenne (fig. 25).

Frein de pointage en direction (fig. 31). — Le frein consiste en une paire de leviers T, T du 3e genre, solidaires

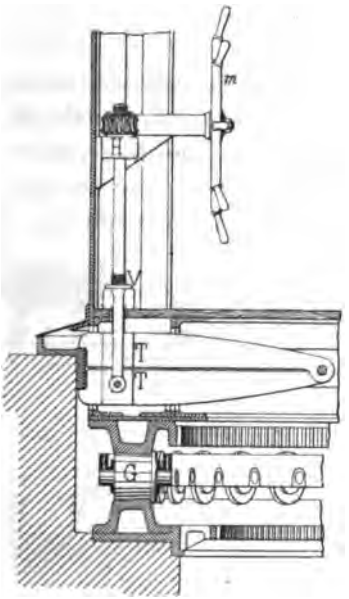


Fig. 31. — Coupole du Creusot. Mécanisme du frein de la coupole $\left(\frac{1}{50}\right)$.

avec la plate-forme, qui embrassent entre leurs extrémités la joue verticale de la circulaire de guidage latéral.

En agissant sur un arbre fileté V au moyen d'une roue à poignées *m* et d'un engrenage à vis tangente H, on serre ou l'on desserre à volonté cette sorte de pince, de façon à immobiliser ou à rendre libre la coupole.

Affûts. — Chacun des affûts est constitué par deux flasques indépendants (fig. 33), solidement boulonnés à l'ossature du plancher de la chambre de tir et entretoisés entre eux à la partie supérieure. Ils sont reliés à la char-

pente de l'enveloppe au moyen de quatre tirants ou entretoises. Ces flasques sont pourvus, sur leur face interne, de glissières en arc de cercle, concentriques avec le centre de l'embrasure, qui reçoivent les patins portés latéralement par un berceau sur lequel sont disposés les mécanismes servant à modérer le recul et à ramener la pièce en batterie.

Freins. — Les faces latérales du berceau E sont creusées et forment des guides dans lesquels glisse le canon emboîté, à la hauteur des tourillons, par un collier en deux pièces. De cette manière, l'axe du canon passe constamment par le centre de l'embrasure (fig. 32, 33 et 34).

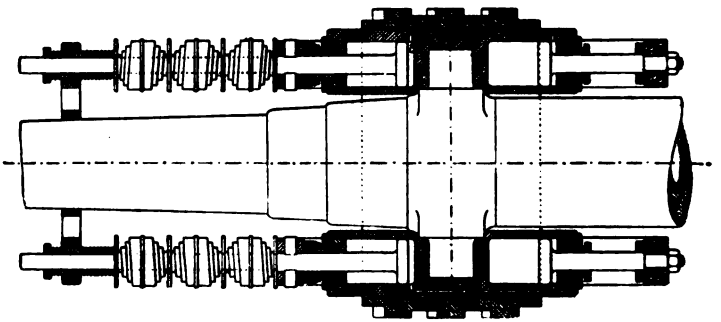


Fig. 32. — Coupole du Creusot. Détail du frein d'affût. Coupe horizontale.

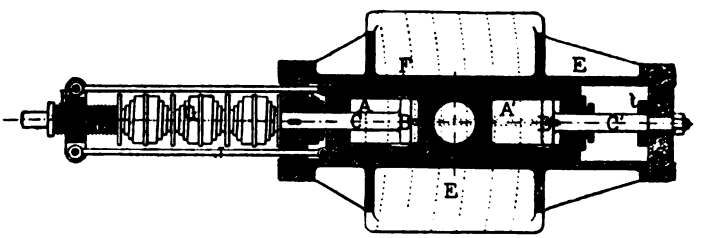


Fig. 33. — Coupole du Creusot. Détail du frein d'affût. Coupe verticale.

Au collier, ainsi qu'à la volée de la pièce, est fixée une cage H embrassant deux empilages de ressorts en spirale

G qui sont comprimés lors du recul et ramènent la pièce en batterie aussitôt après le départ du coup.

Pour diminuer l'amplitude et l'énergie du recul, on a organisé des freins en se servant des coulisseaux eux-mêmes, qui sont creusés en avant et en arrière des tourillons. Chacune de ces cavités cylindriques A, A′ embrasse un piston B, B′, à tige C, C′. Les pistons sont reliés, au contraire, aux entretoises D, D′ du berceau, de telle sorte que lorsque celui d'avant, par exemple, sort du cylindre, celui d'arrière y rentre.

Des rainures à section variable F sont pratiquées à l'in-

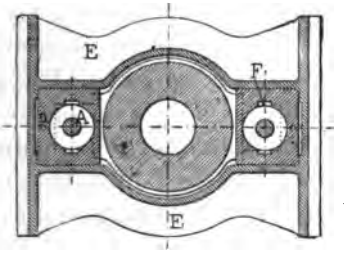


Fig. 34 — Coupole du Creusot. Détail du frein de recul. Coupe perpendiculaire à l'axe.

térieur de chacun de ces cylindres pour l'écoulement du liquide renfermé dans ces cylindres, et qui passe pendant le recul, d'une face à l'autre des pistons.

Mais il faut tenir compte du volume des tiges de piston qui font varier la capacité totale des cylindres de frein. On y est parvenu de la manière la plus simple en mettant en communication les deux cylindres d'un même coulisseau au moyen d'un canal étroit *a*, qui oppose au passage du liquide une résistance considérable.

Grâce à cette résistance, les quatre cylindres travaillent ainsi dans une indépendance relative, ce qui permet de répartir sur quatre points l'effort du recul.

Des tampons élastiques *t* établis à l'avant et à l'arrière, limitent la course des coulisseaux dans les deux sens.

La résistance des freins est constante et égale à 56 t environ pour le cas envisagé.

Les ressorts de retour exercent, lorsque la pièce est en batterie, une pression de 2 200 kg, suffisante pour maintenir cette position sous l'angle de tir maximum. A la fin du recul, la charge des ressorts ne dépasse pas 5 300 kg.

Pointage en hauteur. — Le système constitué par le berceau et le canon est supporté (fig. 25) par une crémaillère rectiligne, à l'extrémité inférieure de laquelle s'attachent deux chaînes de Galle qui passent sur plusieurs poulies de renvoi et viennent s'attacher à un contrepoids mobile dans une cage en tôlerie, suspendue en dessous du plancher de la chambre de tir. Un galet maintient cette crémaillère en prise avec un pignon, monté sur le même axe que la première paire de poulies de renvoi, et que l'on manœuvre à l'aide d'un volant-manivelle et d'un engrenage établis sur la face extérieure du flasque d'affût.

Monte-charges. — Chacun des monte-charges se compose (fig. 26) d'un tuyau en tôle accolé à l'un des montants de l'échelle correspondante, et dans lequel va et vient une lanterne, à laquelle sont reliées les extrémités d'une chaîne. Celle-ci passe sur des poulies, dont l'une, disposée à l'extrémité inférieure du tuyau-guide, est mise en mouvement à bras à l'aide d'une manivelle et d'une chaîne sans fin. Les munitions déposées à la partie inférieure de l'ascenseur sont reçues à la partie supérieure et portées à la main jusque dans la culasse des pièces.

Obturation (fig. 35). — Les ouvertures percées dans la paroi cylindrique de la coupole sont munies de clapets que l'action de la pesanteur maintient habituellement verticaux et, par suite, éloignés de leur siège qui est incliné en avant.

Un tourniquet, manœuvré de l'intérieur, permet de maintenir chacun de ces clapets fermé à demeure.

Pour empêcher le passage du gaz entre la coupole et la partie inférieure de la cuve en maçonnerie, on a muni l'enveloppe de la chambre de tir d'une collerette tronconique en tôle de 5 mm d'épaisseur, qui se tient à quelques millimètres au-dessus de l'aile horizontale de la circulaire de guidage latéral (fig. 30 et 31).

Quant à l'obturation du joint qui existe entre la volée de la pièce et l'embrasure simple, on l'obtenait au moyen d'un bourrelet de caoutchouc de 50 mm, qui s'appliquait

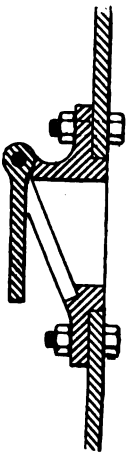


Fig. 35. — Coupole du Creusot. Clapet.

dans une rainure circulaire, creusée à l'intérieur de la partie correspondante de la cuirasse. Ce dispositif, qui avait pour lui le mérite de la simplicité, a été reconnu insuffisant et il a fallu le remplacer par un autre.

Ventilation. — Un ventilateur à force centrifuge, mû à bras par l'intermédiaire de deux roues dentées ou de deux courroies, est installé dans une des cavités du sous-sol. Il aspire l'air de l'extérieur, le refoule par une gaine dou-

blement coudée qui se redresse verticalement au centre du puits et s'assemble, à joint étanche, avec un tuyau ascendant qui débouche sur le plancher de la chambre de tir, entre les deux flasques intérieurs des affûts.

Observatoire (fig. 36). — L'observatoire se compose

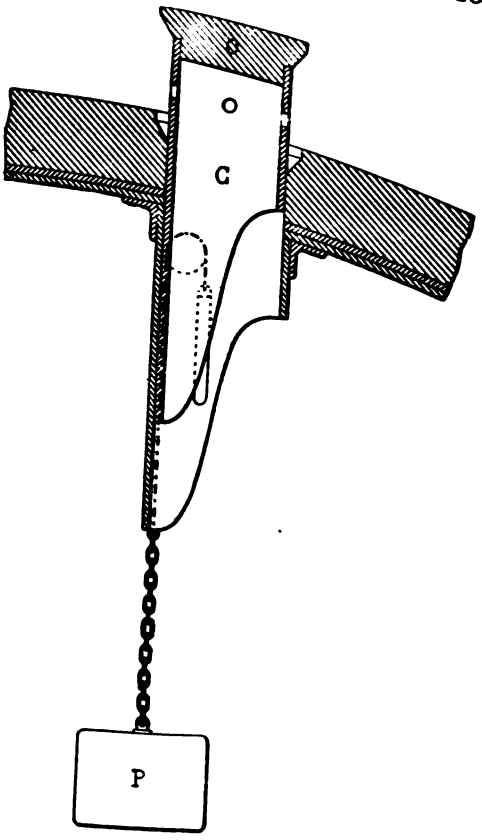


Fig. 36. — Coupole du Creusot. Observatoire ($\frac{1}{20}$).

d'une sorte de guérite C en tôle d'acier, à section ovale, munie à sa partie supérieure d'une toiture épaisse O. Cette guérite est percée de 4 trous de visée disposés aux ex-

trémités des deux axes de l'ovale. Elle coulisse verticalement dans un trou de forme correspondante et de 450 mm de longueur, pratiqué dans le joint arrière de deux plaques de cuirasse et à travers la tôlerie de doublage, pourvue à cet effet d'un manchon de guidage.

La guérite est équilibrée par un contrepoids P et l'on y accède par un escalier qui se trouve entre les culasses des deux pièces.

Remplacement d'organes hors de service.

Galet. — Pour remplacer un galet hors de service, on l'amène au-dessus d'une entaille pratiquée dans la circulaire inférieure, vis-à-vis du puits de visite, et remplie, en temps ordinaire, par une cale que l'on maintient par des vis. Cette cale ayant été enlevée, on démonte le segment correspondant de la couronne et on fait sortir le galet.

Pièce. — S'il s'agit de remplacer une pièce on amène l'affût sous l'angle de 18° et l'on verrouille le contrepoids dans cette position. Après avoir démonté l'affût et avoir disposé en arrière un plan incliné, relié au berceau, on laisse descendre le canon sur ce plan incliné en le retenant à l'aide d'un palan : on retire les coulisseaux de frein et on accroche deux autres palans aux tourillons. On enlève le plan incliné et on affale le canon qui se redresse progressivement, passe par la trappe du plancher de la chambre de tir et descend enfin sur le sol de la chambre de manœuvre.

La pièce de remplacement est mise en place par des moyens inverses.

Les dimensions principales de cette coupole sont :

Diamètre intérieur de la chambre de tir	5,4 m
— extérieur de la cuirasse	5,9
Hauteur maxima sous plafond	2,7
Saillie maxima de la coupole sur l'avant-cuirasse. . .	1,0

Les poids approximatifs sont les suivants :

Poids du cuirassement de la coupole	47,3 t
— de la coupole avec affûts	93,5
— de l'avant-cuirasse	83,2
Poids total sans les canons . . .	224,0 t

CONCLUSION.

Nous serons très sobre de réflexions et de critiques sur l'organisation des coupoles cuirassées que nous venons de décrire, dans l'ignorance où nous sommes de ce que la Belgique attend de ces constructions.

Faisons remarquer seulement que si elle a adopté pour des pièces à tir direct des coupoles simplement tournantes, c'est comme pis aller : de l'aveu même du général Brialmont, des coupoles à éclipse seraient préférables, n'était leur prix fort élevé.

Insistons également sur la disproportion qui règne entre le luxe de précautions déployé en vue d'empêcher dans la coupole l'introduction des gaz résultant de l'explosion des projectiles ennemis, d'une part, et la création d'un point faible constitué par l'observatoire de pointage direct, d'autre part. Avec la précision du tir actuel, n'est-il pas à craindre qu'un projectile ne vienne éclater contre les bords du trou d'homme, et causer dans la coupole des dégâts irréparables ?

La suppression du pivot hydraulique réalise un avantage incontestable, au point de vue de la facilité des communications intérieures et de la diminution du nombre des causes de dérangement : mais on doit reconnaître que cet avantage est acheté au prix de la lenteur du mouvement de rotation de la coupole, un tour en 2 minutes environ, malgré l'emploi de 6 hommes agissant simultanément sur le treuil. Les coups d'embrasure ne seront pas trop faciles à l'assiégeant ?

La partie mécanique nous paraît avoir été fort bien traitée par les diverses usines. Mais ce qui mérite une mention toute spéciale, ce sont les affûts et leurs dispositifs de recul qui représentent autant de solutions satisfaisantes d'un problème important. Ajoutons que ces affûts se sont parfaitement comportés dans les épreuves de tir, à 100 coups par pièce, qui ont eu lieu lors de la réception faite par une commission comprenant MM. le général Wauters, de l'artillerie, et le colonel Tournay, du génie.

Il resterait, pour être complet, à décrire les constructions cuirassées du Grusonwerk : ce sera peut-être la matière d'un prochain article.

L. Bertrand,
Capitaine du génie.

DE

LA POSSIBILITÉ DES VOYAGES AÉRIENS

AU LONG COURS

L'exploration de certaines contrées de la terre offre des difficultés jusqu'ici insurmontées. Plusieurs régions opposent par la nature de leur climat des obstacles infranchissables à la marche du voyageur obligé de se déplacer à la surface du sol : tels sont les pôles par leurs banquises, le désert de Libye par ses sables. Quelques autres, par leur étendue, leur éloignement des pays civilisés et le caractère de leurs habitants, n'ont pu être explorées qu'imparfaitement et au prix des plus grands efforts.

Dès la découverte des aérostats, l'imagination, charmée par la hardiesse et la nouveauté d'un moyen de locomotion qui permettait à l'homme de s'affranchir des entraves du sol, a espéré vaincre les obstacles offerts à la marche des explorateurs en les franchissant en ballon. La première application de ce principe qui s'offrit naturellement à l'esprit fut l'exploration des régions polaires, exploration dont l'impossibilité a toujours résidé dans le franchissement du mur de glaces constitué par la banquise.

La question de la direction des aérostats, bien qu'ayant fait un grand pas depuis une dizaine d'années, n'est pas encore assez avancée pour permettre d'exécuter une pareille entreprise au moyen d'un ballon dirigeable. On ne peut songer actuellement à la tenter qu'en utilisant un aérostat non dirigeable confié à un courant qui, après lui avoir fait traverser la région à explorer, lui permette d'at-

terrir dans un endroit où les moyens de rapatriement ne fassent pas complètement défaut aux aéronautes.

L'existence d'un pareil courant dans les régions polaires est fort discutable ; de plus la réussite de leur traversée en ballon est soumise à une éventualité qui constitue un danger terrible pour l'aérostat ; nous voulons parler des tombées de neige, causes de surcharges telles qu'un ballon ne pourrait continuer à se soutenir en l'air s'il subissait une chute de neige un peu persistante.

Les voyages aériens au long cours dans les régions polaires semblent donc ne présenter que fort peu de chances de réussite. En serait-il de même s'ils étaient tentés dans d'autres régions à des époques où l'eau reste à l'état liquide et où des vents de direction à peu près fixe pourraient être utilisés pour exécuter le voyage aérien ? Cette question demande une étude très complète de la météorologie des régions à explorer, étude que nous n'avons pas l'intention d'entreprendre ici, notre seul but étant de traiter la question au point de vue aérostatique.

De tels voyages aériens au long cours, en admettant leur possibilité démontrée, présenteront des chances de succès d'autant plus nombreuses que le navire aérien pourra se soutenir plus longtemps en l'air et mieux utiliser les vents favorables à son voyage. Avant donc d'envisager au point de vue géographique et météorologique la possibilité des voyages aériens au long cours, il y a lieu d'étudier la constitution de l'aérostat et son mode de navigation ; ces deux éléments une fois bien connus, la discussion de la possibilité d'un voyage aérien à travers une contrée déterminée peut être faite avec sûreté.

I.

Les hardis innovateurs qui ont voulu s'élancer à travers les airs à la conquête de mondes nouveaux ont compris que l'une des questions primordiales était celle de la constitution de l'aérostat ; aussi ont-ils fait de celui-ci des des-

criptions détaillées, passant rapidement sur la question de navigation qui a cependant une importance capitale.

Parmi le grand nombre de projets élaborés dans ce sens, deux ont fait quelque bruit à une époque toute récente, l'un français, l'autre anglais.

Dans le premier projet, le projet français, le ballon gonflé à l'hydrogène pur doit cuber 14 960 m³, avec un diamètre de 30 m, et par suite avoir une force ascensionnelle de 16 700 kg. L'enveloppe composée de deux épaisseurs de soie de Chine enduite de vernis, sera recouverte d'un filet du poids de 500 kg. Le ballon possèdera un ballonnet intérieur à air de 3 000 m³, destiné, dans l'esprit des auteurs, à le tenir toujours « parfaitement gonflé et sous pression. » Ce ballonnet est muni de deux soupapes de sûreté automatiques ; son remplissage est assuré par un ventilateur. L'aérostat emporte 4 ballons pilotes destinés à être lâchés au-dessus du pôle « pour l'étude des courants aériens », et 16 ballons de petite taille qui serviront à ravitailler de gaz l'aérostat principal. Attachés à la périphérie du filet, ils seront, au moment du besoin, manœuvrés par un treuil et dirigés sous la soupape de sûreté du gros ballon où le transvasement s'opérera, après quoi les voyageurs se débarrasseront de l'enveloppe vide pour diminuer le poids mort.

A la nacelle est attaché un guide-rope destiné à traîner sur les glaces. Ce dispositif a été adopté « pour que l'aérostat ne s'élève pas trop et conserve une distance à peu près fixe du sol ». Ce guide-rope pourra être remplacé par un autre guide-rope flottant sur l'eau, « l'un et l'autre devant retenir l'aérostat en cas de dilatation excessive du gaz, comme une ancre mobile ». L'ensemble de ces deux guide-ropes, qui sont en filin d'acier, pèse 1 300 kg.

La nacelle, en osier et rotins avec ossature en acier, est close et pontée ; au-dessus se trouve un pont formant deuxième étage auquel on accède par une échelle de corde et sur lequel est installé le ventilateur.

Les aéronautes se proposent de partir du Spitzberg au mois de juillet. Là, selon le temps, ils partiront immédiatement ou attendront les vents favorables, c'est-à-dire les vents du Sud, leur intention étant d'aller en ligne droite vers le territoire d'Alaska, dans la direction du cap Liburne. Ils pensent pouvoir tenir en l'air de 8 à 10 jours et ne supposent pas que la traversée exige plus de quatre jours (la distance à franchir en ligne droite est cependant de 3 500 km) l'atterrissage devant se faire soit dans l'Amérique du Nord, soit dans l'Asie septentrionale.

Dans le second projet, le projet anglais, c'est un système de 3 ballons qui doit tenter la traversée. Ces 3 ballons transporteront 6 hommes plus 3 tonnes d'engins divers. Un cadre rectangulaire garni d'échelles de cordes doit les relier; l'auteur du projet veut que les voyageurs puissent, au moyen de ces échelles de cordes, aller de l'un à l'autre ballon « à la façon des matelots grimpant aux mâts d'un navire ». L'équilibre du système aérien sera obtenu au moyen de sacs de lest suspendus à ce cadre et manœuvrés avec des cordes. Des cordes traînantes seront attachées aux ballons pour empêcher l'ascension au-dessus d'une certaine hauteur (500 pieds). Les nacelles seront en communication électrique avec les navires au moyen d'un fil enroulé sur une grande roue supportée par l'un des cadres qui relient les ballons entre eux.

L'auteur du projet se propose de partir à la fin de mai, « sur la courbe d'un courant de vent d'un diamètre connu, reconnu approximativement à l'aide d'observations faites à bord d'un navire et à des observatoires établis à 30 milles dans des directions différentes ». Il estime qu'en connaissant le diamètre d'une « courbe de vents » ainsi que la distance au pôle, les ballons pourront aborder à 20 milles du but désiré.

On profiterait d'un vent favorable pour le retour, le

regonflement des ballons étant fait au pôle au moyen de gaz comprimé emporté à bord à l'aller.

II.

Ces projets, que leurs auteurs affirment avoir étudiés longuement et avec soin, prêtent cependant à de nombreuses critiques qui s'appliquent d'une façon à peu près générale à tous les projets de ce genre.

De ces critiques la plus anodine, quoique portant sur un point essentiel, est celle des volumes préconisés pour ces ballons ; volumes généralement trop considérables pour que la manœuvre de l'aérostat puisse être assurée sans fatigue pendant quelques heures par un seul aéronaute manœuvrant le lest à la main.

La comparaison des ballons de différents volumes avec ceux actuellement en usage nous a amené à conclure que le ballon de volume maximum répondant à ce desideratum est le ballon de 14 m de rayon [1].

Or, dans les deux projets précités, le nombre des aéronautes embarqués montre que la manœuvre devra être exécutée par un seul individu à la fois : nous en concluons donc, ou que ces ballons sont trop gros, ou que le nombre des aéronautes est trop faible, si toutefois le lest doit être manœuvré à la main, mode de manœuvre jusqu'ici considérée comme seule pratique.

Des dispositifs spéciaux pourraient assurer une manœuvre plus rapide du lest, mais présenteraient de grands dangers dans les moments critiques où elle est la plus importante.

Pour ces raisons, nous croyons prudent de ne pas donner au ballon destiné à être conduit par un seul aéronaute à la fois, un rayon supérieur à 14 m (correspondant à un volume de 11 500 m^3) ; d'autant que l'étude des ballons de

1. Note A.

volume supérieur à 11 000 m³ fait ressortir combien une augmentation même considérable du volume des ballons de cette taille accroît peu le temps pendant lequel l'aérostat peut naviguer avant d'avoir dépensé tout son lest [1].

L'enveloppe des ballons décrits dans ces différents projets présente en général une résistance trop faible à la déchirure (coefficients de sécurité de 4 à 5) et à la transfusion du gaz à laquelle s'opposent uniquement une ou plusieurs couches de vernis.

Un coefficient de sécurité de 15 à 20 ne serait pas exagéré pour un ballon destiné à un long voyage et soumis pendant un temps prolongé à toutes les intempéries. D'ailleurs l'adoption de ces valeurs pour le coefficient de sécurité n'exige pas des enveloppes trop lourdes ni d'épaisseurs extraordinaires. Ainsi, pour le ballon de 14 m de rayon, elle nécessite la constitution de l'hémisphère supérieure par six couches de soie ponghée simple superposées et de l'hémisphère inférieure par trois.

Il est possible d'assurer à cette enveloppe une étanchéité presque absolue, en même temps qu'une grande souplesse et une légèreté relative, en s'opposant à la transfusion du gaz non par le vernissage de la soie, mais au moyen d'une enveloppe en baudruche. A l'intérieur du ballon en soie un ballon de volume légèrement supérieur, s'appuyant exactement sur celui-ci et ne supportant par suite aucune tension, pourrait remplir cet objet ; comme dans les ballons anglais huit couches de baudruche superposées et collées le constitueraient, assurant une étanchéité presque absolue.

Le filet adopté comme mode d'attache de la nacelle au ballon a l'inconvénient d'augmenter dans de fortes proportions les ruptures d'équilibre dues à la pluie et à l'humi-

1. L'étude complète de cette question a fait l'objet d'un travail adressé par nous, cette année, au Ministre ; tous les chiffres donnés plus loin sont la conclusion du même travail (voir les notes).

dité ; ces ruptures d'équilibre seraient beaucoup atténuées si la partie externe de l'enveloppe revêtue d'un enduit hydrofuge parfaitement lisse ne présentait pas les saillies dues aux mailles du filet, la suspension s'attachant directement à l'étoffe du ballon dans les environs de l'équateur au moyen de pattes d'oie et de bâtonnets engagés dans l'étoffe[1].

Ce système d'enveloppe est, il est vrai, un peu plus lourd que celui des projets en question, mais il rachète et au delà, par son étanchéité presque absolue[2] et la moindre influence des surcharges accidentelles, la diminution du lest emporté au départ causée par son poids un peu supérieur.

III.

Notre intention n'est pas de discuter successivement chacun des éléments des aérostats projetés : cependant nous dirons un mot de deux organes importants de la navigation aérienne au long cours : le guide-rope et le ballonnet.

Les guide-ropes proposés jusqu'ici sont, à notre avis, trop légers ; pour réaliser le desideratum exprimé plus haut, c'est-à-dire rester le plus longtemps en l'air avec une quantité de lest donnée, l'aérostat devra naviguer presque constamment au guide-rope et, si ce câble est assez lourd, l'aérostat s'élevant et s'abaissant sous l'influence des circonstances extérieures de ruptures d'équilibre pourra ne pas cesser de guide-roper malgré les causes étrangères d'augmentation de force ascensionnelle (coups de soleil, etc.), et rester à une distance suffisante du sol pour éviter tout choc malgré les causes d'alourdissement (pluies, refroidissement du gaz, etc.). L'aérostat muni d'un guide-rope assez lourd naviguera ainsi sans

1. Fig. 2, note D.
2. Les pertes de gaz dues à la transfusion à travers cette enveloppe sont inférieures à 8 m³ par 24 heures (note G).

que celles nécessitées par les fuites de l'enveloppe.

La navigation aérienne exécutée dans ces conditions facilite la reconnaissance du terrain de la surface duquel la nacelle reste à une distance inférieure à la longueur totale du guide-rope et permet théoriquement à l'aérostat de rester en l'air presque indéfiniment.

Un guide-rope d'un poids suffisant pour résister à toutes les causes, même les plus intenses, de rupture d'équilibre, offre cependant deux inconvénients : en premier lieu, le frottement de la partie traînant sur le sol ralentit sensiblement la marche de l'aérostat ; en second lieu, ce même frottement occasionne un abaissement de l'altitude de l'aérostat, abaissement qui, dans le cas de surcharges accidentelles considérables, pourrait amener le choc de la nacelle contre les accidents du sol.

Pour le ballon de 14 m de rayon, pris comme type de notre démonstration, le poids à donner au guide-rope est d'environ 1 260 kg[1].

Afin de diminuer le moins possible la vitesse horizontale de l'aérostat, diminution causée par le frottement du guide-rope sur le sol, celui-ci devra être parfaitement lisse. Il sera constitué d'une matière susceptible d'un poli parfait et d'une dureté considérable lui permettant de résister sans usure sensible à un long service.

Les retards apportés à la marche du ballon de 14 m de rayon par un guide-rope de 1 260 kg formé d'un câble en acier poli du type Excelsior ne présentant ni saillies ni creux et d'une longueur totale de 280 m sont donnés par le tableau de la page suivante[2].

---

1. Note B.
2. Voir l'établissement de ce tableau à la note C.

Poids de la portion de guide-rope posant à terre . . . . . kg.	225	450	675	900	1 125	1 260
Longueur de la portion de guide-rope posant à terre . . . . .m.	50	100	150	200	250	280
Retard de vitesse dû au frottement du guide-rope sur le sol m.p.s.[1]	1,37	1,93	2,37	2,74	3,05	3,29

Ces diminutions de vitesse sont, d'après les expériences de Morin, indépendantes de la vitesse des parties frottantes, c'est-à-dire de l'aérostat, et dépendent uniquement de la nature des surfaces en contact; les chiffres portés dans le tableau ci-dessus correspondent au cas où le guide-rope frotte sur une terre ordinaire.

La vitesse moyenne des vents en France étant de 7 à 8 m par seconde, ce tableau fait voir que l'aérostat conserve, dans la plupart des cas, une vitesse suffisante quelle que soit la longueur de guide-rope posant à terre.

Le guide-rope occasionne non seulement une diminution de la vitesse horizontale de l'aérostat, mais encore un abaissement de son altitude, abaissement qui pourrait amener, dans certains cas, la nacelle à toucher les grands arbres si on ne prenait la précaution de munir le guide-rope d'une rallonge plus légère que lui, mais de même diamètre ou de diamètre supérieur.

En supposant à cette rallonge une longueur de 30 m, les diverses altitudes du ballon de 14 m guide-ropant sont celles du tableau suivant[2] :

Longueur de la portion de guide-rope posant à terre m.	0	50	100	150	200	250	270
Altitude de l'aérostat au-dessus du sol guide-rope m.	310	239	176	116	62	17	8

1. Ou « vitesse relative de l'aérostat par rapport à l'air ambiant » (en mètres par seconde).
2. Voir l'établissement de ce tableau à la note D.

Ces altitudes sont indépendantes de la vitesse du vent, puisqu'elles sont uniquement fonction de la vitesse relative de l'aérostat par rapport au courant d'air dans lequel il se déplace.

Les guide-ropes préconisés dans les projets de voyage précités, étant relativement plus légers que celui pour lequel les tableaux ci-dessus sont dressés, n'empêcheront pas les aérostats dont ils font partie de naviguer dans de bonnes conditions et leur rendront au contraire de grands services, bien que la nature de la substance qui les compose les rende défectueux en accroissant notablement leur coefficient de frottement sur le sol. En augmentant leur poids et en leur donnant une autre constitution se rapprochant de celle que nous indiquons précédemment, ces guide-ropes assureront à l'aérostat une stabilité plus grande, sans beaucoup retarder sa marche.

Si les auteurs de ballons destinés à des voyages d'exploration n'ont pas donné à leurs guide-ropes des poids aussi grands qu'il eût été possible de le faire sans nuire à la navigation de l'aérostat, c'est peut-être dans la crainte de diminuer la quantité de lest disponible. Cette crainte n'est pas fondée : en premier lieu le poids emporté sous forme de guide-rope rend de bien plus grands services que le poids équivalent emporté sous forme de lest de main ; en second lieu, rien n'empêche les aéronautes, après avoir utilisé leur guide-rope jusqu'à épuisement complet du lest de main, de supprimer la plus grande partie de ce câble et de finir leur voyage aérien avec un guide-rope plus léger et la nouvelle provision de lest provenant de l'abandon d'une portion du guide-rope primitif.

Ces considérations étant connues de toutes les personnes qui s'occupent un peu sérieusement d'aérostation, nous sommes amenés à conclure que les auteurs des projets en question n'ont pas envisagé le guide-rope comme un mode d'économie de lest aussi parfait qu'il était possible de le faire et qu'ils ont plutôt pensé à l'utiliser pour rendre la

manœuvre plus facile et permettre de maintenir l'aérostat à une faible distance du sol. Ils ont compté sur la soupape pour lutter contre les coups de soleil et autres agents d'augmentation de force ascensionnelle, et sur le lest de main pour compenser les surcharges accidentelles, au lieu de laisser à un guide-rope constitué à cet effet le soin d'équilibrer dans tous les cas l'aérostat, réalisant ainsi en partie cet idéal des aéronautes : lutter contre les descentes sans dépenser de lest, lutter contre les montées sans dépenser de gaz.

Nous ne dirons qu'un mot du ballonnet : comme pour le guide-rope on a eu peur de faire grand. Le ballonnet doit pouvoir remplir son office — maintenir le ballon arrondi — jusqu'aux derniers instants du voyage ; son volume doit, par suite, être égal au volume de gaz sorti au moment de l'atterrissage final.

Par exemple, pour le ballon de 14 m de rayon, après défalcation du poids de l'aérostat complet, de quatre aéronautes et de tous les objets nécessaires à leur existence ainsi qu'à la reconnaissance du terrain parcouru, on trouve pour total de lest à dépenser, jusqu'au moment de l'atterrissage, le poids de 8 600 et quelques kilogrammes. Ce poids de lest équivalant à un volume de gaz de 7 700 m³ environ, pour que le ballonnet maintienne le ballon arrondi jusqu'à la fin du voyage, son volume devra être de 7 700 m³, soit à peu près les 2/3 du volume du ballon.

L'utilité, nous dirons même la nécessité, d'un ballonnet pour entreprendre un pareil voyage est indiscutable [1], et le poids, d'ailleurs très faible, de la membrane séparatrice dont il nécessitera l'existence à l'intérieur du ballon (200 kg environ) ne peut être invoqué pour en rejeter l'adoption.

Quelques auteurs de projets ont mis en avant, certaine-

1. Note E.

ment sans en peser les conséquences, des dispositifs ou des méthodes qui rendraient un voyage au long cours sinon impossible du moins fort difficile.

Les uns préconisent l'emploi de plusieurs ballons réliés entre eux de telle sorte qu'il soit possible aux aéronautes d'aller d'une nacelle à l'autre. Ce système de liaison ne peut être rigide, car son poids ne serait pas en rapport avec la force ascensionnelle des aérostats; s'il est flexible, l'ensemble du système prendra, aussitôt que les aérostats seront en l'air, la forme d'une chaînette ; les ballons transportés par un même courant présenteront au bout de quelques instants une vitesse uniforme, celle du courant qui les entoure; ils seront alors en état d'immobilité les uns par rapport aux autres et, subissant l'action du poids de leur système d'attache, ils tendront à se rapprocher jusqu'au contact sans qu'il soit possible aux aéronautes d'éviter ce contact ou de le faire cesser.

D'autres innovateurs emportent des ballons réservoirs destinés à fournir du gaz en route ; outre les critiques tirées de l'instabilité des petits ballons et des difficultés de transvasement, ce procédé soulève les mêmes objections que celui qui consiste à emporter de l'hydrogène comprimé dans des tubes, et auquel on a renoncé depuis longtemps.

Enfin, certains systèmes de suspension et certains dispositifs de nacelle sont critiquables ; les premiers, parce qu'ils amèneront fatalement le renversement de la nacelle si le vent n'est pas à peu près nul au moment où l'atterrissage se produira ; les seconds, parce qu'ils ne permettront pas à l'aéronaute de quitter le bord facilement ou rendront les manœuvres fort pénibles, surtout par des températures aussi dangereuses à affronter que celles du pôle.

IV.

Le mode de navigation, à peine effleuré dans les projets en question, est cependant, nous l'avons dit, capital à fixer à l'avance.

Quelle serait la méthode de navigation d'un aérostat voulant exécuter un voyage au long cours et passer à proximité d'un point particulièrement intéressant à explorer? Si l'on pouvait compter sur un courant de direction et de force constantes régnant sur la région à visiter pendant toute la durée présumée du voyage, il serait très simple, en choisissant convenablement le point de départ, d'atteindre le but cherché; mais on ne peut compter sur un pareil courant, rien ne permettant de prédire à l'avance d'une façon certaine la constance des vents, surtout dans des régions jusqu'ici inexplorées.

Deux méthodes permettent de tourner cette difficulté: La première consiste, et certains essais dans ce sens ont été faits, croyons-nous, en Angleterre, à aller chercher sur la verticale de l'aérostat un courant favorable, c'est-à-dire portant dans la direction voulue. Mais cette méthode, en interdisant l'emploi permanent de la navigation au guide-rope, occasionnerait une dépense de lest telle que la durée du voyage serait limitée à quelques jours, temps certainement insuffisant.

La seconde méthode de navigation, qui permet un emploi constant du guide-rope et, par suite, autorise à compter sur une longue durée de résistance de l'aérostat aux causes de déperdition de lest, consiste à se laisser porter par les courants favorables et à s'arrêter quand le vent souffle dans une direction contraire à la direction générale du voyage. La manœuvre de l'aérostat serait dans ce cas celle d'un radeau naviguant à la voile sur une eau de peu de profondeur, les passagers utilisant pour la marche les vents venant de l'arrière et jetant l'ancre par les vents contraires. Cette dernière manœuvre ne serait possible pour l'aérostat que par les vents assez faibles pour que le ballon ainsi rendu captif ne puisse être couché par le vent [1].

1. Note F.

Naviguant dans ces conditions, un aérostat de volume suffisant et dont le guide-rope serait assez lourd pour lui permettre, sans jeter de lest, de résister à toutes les causes extérieures de rupture d'équilibre, pourrait rester plusieurs semaines en l'air, puisque les causes de perte de lest seraient réduites aux pertes dues aux fuites de gaz à travers l'enveloppe et aux circonstances extraordinaires (orages à éviter, escarpements à franchir, etc.) qui obligeraient à cesser de guide-roper pour reprendre momentanément la navigation libre [1].

La distance franchie dans une direction donnée ou distance utile franchie pourrait, vu le temps considérable dont on disposerait, atteindre plusieurs milliers de kilomètres, l'aérostat marchant par les vents favorables et s'ancrant par les vents contraires [2].

Cette dernière méthode de navigation, la seule qui semble pouvoir amener au résultat cherché — parcourir en ballon dans une direction donnée une distance de plusieurs milliers de kilomètres, — ne peut être mise en pratique qu'à trois conditions absolument essentielles :

1° La direction générale du voyage devra être celle des vents régnants des régions traversées ;

2° Les contrées parcourues auront une nature de sol ou de végétation permettant à l'ancre de mordre facilement ;

3° A aucun instant du voyage l'aérostat n'aura à craindre de dépôts de givre ou de neige sur son enveloppe et ses agrès.

En résumé, les voyages aériens au long cours présentent fort peu de chances de succès dans les régions polaires. Ils sont, au contraire, théoriquement possibles dans les régions tempérées et tropicales, à la condition de faire un emploi judicieux d'un guide-rope assez lourd et d'adopter un point de départ convenablement choisi.

---

1. Note G.
2. Note H.

NOTE A.

Ballon de volume maximum dont la conduite peut être assurée sans fatigue pendant quelques heures par un seul aéronaute manœuvrant le lest à la main.

Supposons que la projection de lest se fasse par un orifice ménagé au fond de la nacelle à proximité de l'endroit où se trouvent les sacs et que le poids de chacun d'eux soit de 20 kg. L'expérience montre que, dans ces conditions, un homme sans aide peut sans les vider jeter six sacs, soit 120 kg de lest, en 15 secondes.

Un ballon rentre donc dans la catégorie en question si sa manœuvre ne nécessite pas d'une façon ordinaire un jet de lest supérieur à 120 kg par demi-minute. Dans ces conditions, en effet, en admettant que la manœuvre du lest se fasse (comme cela a lieu dans la pratique) toutes les 30 secondes, il reste à l'aéronaute dans le cas le plus défavorable 15 secondes pour observer son baromètre et son chronomètre, temps largement suffisant.

Examinons si le ballon de 14 m de rayon rentre dans la catégorie des ballons ainsi définis.

L'expérience montre que la vitesse de descente doit (quel que soit le poids du guide-rope) être enrayée toutes les fois qu'elle dépasse 3 m à la seconde, soit 90 m à la demi-minute.

La surcharge correspondante, tirée de la formule connue

$$F = 0{,}0255\ D^2\ v^2,$$

est de 180 kg pour le ballon de 14 m de rayon.

Pour le même ballon la surcharge correspondant à une vitesse de 2 m est de 80 kg.

Si donc la vitesse de chute est supérieure à 3 m, c'est que la surcharge est supérieure à 180 kg. En jetant 120 kg

de lest[1] on ramènera la vitesse à 2 m, correspondant à une surcharge d'environ 80 kg.

La surcharge de 180 kg étant inférieure à la moitié du poids du guide-rope, l'aérostat se trouve encore dans le cas d'une vitesse de chute de 2 m par seconde dans d'excellentes conditions de sécurité à ce point de vue[2].

Cette discussion établit que le ballon de 14 m de rayon est le ballon de volume maximum répondant à l'énoncé.

En temps normal un seul aéronaute pourra conduire ce ballon en jetant le lest à la main par un orifice situé au fond de la nacelle, et il aura dans le cas le plus défavorable 15 secondes pour observer son baromètre.

NOTE B.

Guide-rope du ballon de 14 m de rayon.

Plaçons-nous dans les conditions atmosphériques les plus défavorables pour l'aérostat; supposons qu'il soit soumis brusquement aux influences les plus considérables et calculons sa force ascensionnelle restante dans les deux cas extrêmes de surcharge maxima et d'augmentation maxima de force ascensionnelle.

Soit F la force ascensionnelle restante du ballon dans les conditions normales, c'est-à-dire l'enveloppe étant complètement sèche et le gaz sec à la température de l'air ambiant également sec.

S'il survient un fort brouillard, accompagné d'une petite pluie fine, l'étoffe[3] du ballon se chargera d'une quan-

1. Les sacs étant de 20 kg, si on veut jeter plus de 100 kg de lest sans vider de sac, il faut en jeter 120.

2. Cette surcharge de 180 kg sera assez fréquente par les temps de nuages isolés; elle correspond en effet à une différence de température moyenne du gaz d'environ 4°; elle correspond aussi au tiers environ de la surcharge maxima due à l'humidité. On peut donc la considérer comme la surcharge contre laquelle le pilote du ballon de 14 m aura à lutter couramment (note B).

3. Cette étoffe est de la soie ponghée recouverte d'un enduit hydrofuge. Avant que le poids de l'eau déposée dépasse 135 gr, l'eau ruisselle en

tité d'eau dont le poids ne dépassera jamais 135 gr par m², soit environ 330 kg[1] pour un ballon de 14 m. (Pour que ce poids maximum fût atteint, il faudrait que la vapeur d'eau se condensât simultanément de la même façon sur toutes les parties du ballon.)

D'autre part, l'air étant saturé de vapeur d'eau, son poids peut tomber de 1,29 à 1,28 gr, soit pour l'aérostat une diminution de force ascensionnelle de 0,01 gr par m², ou pour 11 500 m³ une diminution de 115 kg.

La surcharge totale du ballon sera donc de 445 kg et la force ascensionnelle restante tombera à

$$F - 445 \text{ kg}.$$

Supposons maintenant que l'air devienne complètement sec et que le soleil frappe l'aérostat pendant assez longtemps pour que toute l'eau s'évapore et que toute la masse gazeuse s'échauffe.

La différence de température entre le gaz et l'air ambiant ne dépassera qu'exceptionnellement 15°, ce qui, pour un ballon de 14 m de rayon, correspond à une augmentation de volume de 630 m³, donnant une augmentation de force ascensionnelle de 815 kg.

L'aérostat acquiert une force ascensionnelle de

$$F + 815 \text{ kg}.$$

Entre les deux instants considérés elle a donc varié de 1 260 kg[2].

Pour le ballon de 14 m de rayon un guide-rope du poids de 1 260 kg satisfera par suite aux conditions énoncées plus haut.

---

partie et par conséquent déleste proportionnellement le ballon, puisque celui-ci n'a pas de filet.

1. Ce chiffre étant trop fort, l'erreur commise en omettant le poids de l'eau déposée sur les agrés et la nacelle se trouve compensée.

2. Ce chiffre représente évidemment un maximum même dans l'hypothèse exceptionnelle que nous avons faite, car en général certaines causes viennent diminuer l'intensité d'action de ces phénomènes sur l'aérostat ou créer des phénomènes secondaires qui agissent en sens opposé, et nous négligeons ici toutes ces circonstances avantageuses.

Le guide-rope sera d'autant plus avantageux qu'il sera plus long, car plus l'altitude de l'aérostat sera grande plus la vue sera étendue. D'autre part, quand la longueur de ce câble augmente, sa résistance à la rupture diminue et les secousses qu'il imprime au ballon sont plus fortes. Ces considérations nous ont amené à donner au guide-rope une longueur de 280 m.

La rallonge ayant 30 m, la longueur du guide-rope complet sera de 310 m.

Ces chiffres n'ont rien d'absolu et cette longueur pourra dépendre d'autres causes, par exemple de la nature des pays à traverser ou de certains détails de manœuvre.

NOTE C.

Diminution de vitesse due au guide-rope.

Le frottement du guide-rope sur le sol occasionne un ralentissement de la vitesse horizontale de l'aérostat.

Soit f le coefficient d'adhérence du guide-rope posant sur le sol, p le poids de la portion de ce câble qui frotte. La résistance opposée à la marche de l'aérostat est[1]

$$fp,$$

f étant fonction de la nature des substances qui frottent l'une sur l'autre.

Le vent ayant une vitesse v, l'action du vent sur l'aérostat est

$$F = 0{,}0255\ D^2\ v^2.$$

Par suite du frottement du guide-rope l'aérostat se déplace avec une vitesse x inférieure à v ; il possède alors par rap-

1. Cette formule résulte des expériences de Morin, relatées dans l'*Introduction à la mécanique industrielle* de Poncelet ; d'après ces expériences, f est indépendant de la vitesse et, dans le cas particulier qui nous occupe, sensiblement indépendant de l'étendue des surfaces en contact ; il ne dépend que de leur nature ; les mêmes expériences ont fourni les valeurs de f employées plus loin. (Si le guide-rope frottait sur un sol dépourvu de saillies formant obstacles, f serait indépendant de la largeur du guide-rope ; sur un terrain présentant des obstacles, le guide-rope présentant la moindre résistance à la marche de l'aérostat sera celui qui aura la section la plus faible.)

port à l'air dans lequel il se meut un mouvement relatif de sens contraire à celui de la masse d'air ; cette masse d'air oppose à ce mouvement relatif une résistance φ donnée par la formule

$$\varphi = 0{,}0255\ D^2\ (v - x)^2,$$

résistance φ égale à fp dans le mouvement permanent.

La vitesse x de l'aérostat pour une vitesse de vent v est donc donnée par l'expression

$$fp = 0{,}0255\ D^2\ (v - x)^2\ ;$$

la vitesse relative ou diminution de vitesse y est

$$y = v - x = \frac{6{,}3\sqrt{fp}}{D},$$

et la vitesse vraie de l'aérostat

$$x = v - \frac{6{,}3\sqrt{fp}}{D}.$$

Le tableau suivant renferme les différentes valeurs de y lorsque p varie ; valeurs calculées pour un guide-rope en acier poli frottant sur un sol ordinaire et pour le ballon de 14 m de rayon.

Valeur de p. . . . kg.	225	450	675	900	1 125	1 260
Longueurs de guide-rope posant à terre . . m.	50	100	150	200	250	280
Valeurs de y (en mètres à la seconde)	1,37	1,93	2,37	2,74	3,05	3,29

Ces valeurs de y représentent la différence de vitesse de l'aérostat et du vent pour un poids donné de guide-rope posant à terre.

Si le guide-rope traversait un sol composé de graviers, les valeurs de y augmenteraient un peu (de 1/10 environ).

Pour un sol argileux humide et par suite glissant, les valeurs de y diminueraient d'environ 3/10.

On comprend qu'il soit impossible de calculer ce qui se passerait pour un sol vaseux ou couvert d'une haute végétation. Cependant les expériences de navigation au guide-rope semblent montrer que, au moins dans ce dernier cas,

les nouvelles valeurs de y ne dépasseraient pas le double des valeurs trouvées ci-dessus.

Le guide-rope auquel ces valeurs de y se rapportent est, nous l'avons dit, constitué d'un câble du type Excelsior pesant 4,5 kg au mètre courant et ayant par suite un diamètre de 31 mm.

Le câble Excelsior (fig. 1) est formé d'une âme, en chanvre ou en fils d'acier ronds, entourée de une ou plusieurs

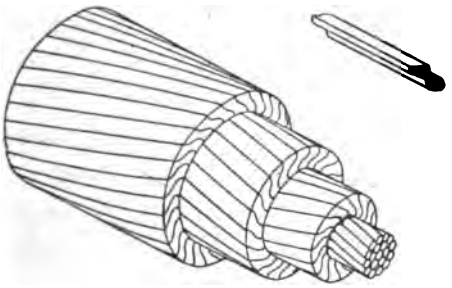


Fig. 1. — Câble Excelsior. Vue perspective de l'ensemble et d'un fil séparé.

couches concentriques de fils d'acier, disposés en hélice, dont la section de forme particulière est à peu près rectangulaire. La juxtaposition des faces planes des différents fils constitue la surface extérieure du câble, lequel présente par suite une surface parfaitement lisse comme on peut s'en convaincre à l'examen de la figure 1. Ces câbles ont une grande souplesse, puisque le câble de 31 mm de diamètre peut servir de câble de transmission sur des poulies d'un diamètre inférieur à 6 m.

NOTE D.

L'altitude H de l'aérostat guide-ropant est

$$H = h + h',$$

h étant l'altitude du point A, point le plus haut du guide-

rope proprement dit, h' la hauteur au-dessus du point A du point d'attache B de la rallonge de guide-rope (fig. 2).

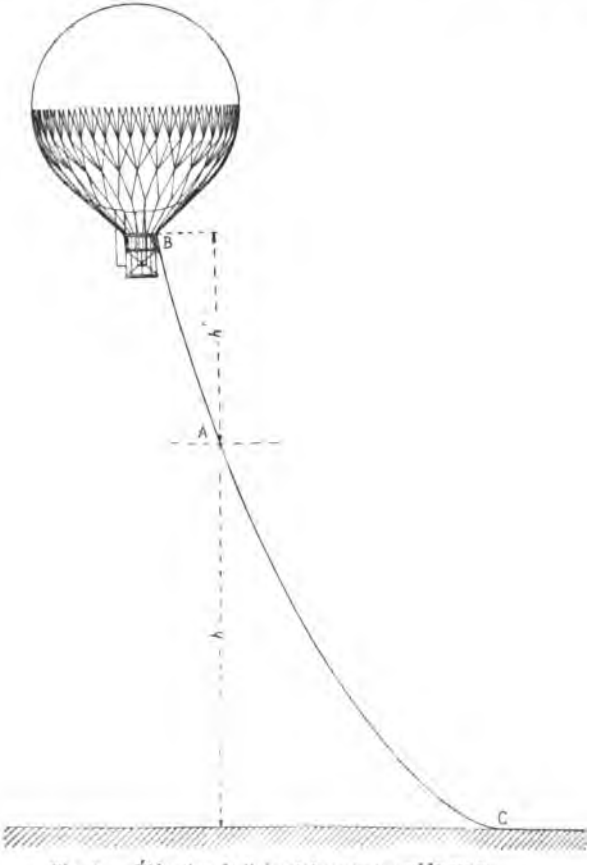


Fig. 2. — Élévation de l'aérostat avec son guide-rope.

h et h' sont donnés par les formules[1]

$$h = -r + \sqrt{r^2 + s^2},$$

$$h' = -r' + \sqrt{r'^2 + s'^2}.$$

1. Lieutenant Degouy. *Équilibre des ballons captifs* (*Revue de l'aéronautique*, 1889).

avec

$$r\varpi = r'\varpi' = R = KD^2 y^2;$$

ϖ poids de l'unité de longueur du guide-rope proprement dit (4,5 kg);

ϖ' poids de l'unité de longueur de la rallonge du guide-rope (2 kg);

R action du vent sur le ballon exprimée en kilogrammes;

$$K = 0{,}0255,$$

$$D = 28 \text{ m},$$

$$y = \frac{6{,}3\sqrt{fp}}{D};$$

s longueur AC de la portion du guide-rope proprement dit qui ne repose pas sur le sol;

s' longueur AB de la rallonge de guide-rope.

Substituant, on obtient

$$H = -KD^2\left(\frac{1}{\varpi} + \frac{1}{\varpi'}\right)y^2 + \sqrt{\frac{K^2D^4}{\varpi^2}y^4 + s^2} + \sqrt{\frac{K^2D^4}{\varpi'^2}y^4 + s'^2}.$$

Le tableau suivant donne les valeurs de H calculées au moyen de cette formule en fonction des longueurs de guide-rope posant à terre.

Longueurs de guide-rope posant à terre . . . . m	0	50	100	150	200	250	270
Altitudes . . . . . m	310	239	176	116	62	17	8

NOTE E.

Ballonnet.

Le ballonnet à air est utile à deux points de vue principaux: il empêche le ballon de se déformer, puis il rend très faible l'altitude maxima d'équilibre de l'aérostat.

La déformation du ballon n'aurait pas grand inconvénient, cependant le ballon conservant constamment la

forme sphérique, l'étoffe fatiguera moins, les secousses provenant des changements de vitesse du vent seront plus faibles et les courants d'air ascendants auront moins de prise pour soulever l'aérostat. Ces avantages, bien que sérieux, ne sont cependant pas suffisants pour imposer l'adoption du ballonnet à air; mais nous allons établir par d'autres considérations qu'il est indispensable.

Si, pour une cause quelconque, le guide-rope quitte le sol, on sait que l'aérostat dépassera dans son ascension l'altitude à laquelle le gaz en se dilatant aura rempli toute la capacité du ballon. A partir de ce moment le gaz s'échappera par la manche d'appendice jusqu'à ce que la force ascensionnelle du volume de gaz sorti soit égale à la force ascensionnelle en excédent, soit 0,891 m^3 par kilogramme. Le ballon redescendant ensuite sous l'influence d'une surcharge accidentelle, la pratique montre que l'aéronaute devra, pour régler la descente, jeter d'autant plus de lest que l'aérostat sera monté plus haut. Quand une nouvelle cause fera monter à nouveau l'aérostat, il dépassera l'altitude précédemment atteinte, de sorte qu'à la fin du voyage il atteindra son altitude la plus grande, qui à la fin d'un voyage au long cours exécuté par le ballon de 14 m de rayon atteindrait 7 000 à 8 000 m.

Régler une descente d'une pareille altitude nécessiterait la dépense d'une quantité de lest considérable, bien supérieure au poids de l'enveloppe du ballonnet; d'autre part les aéronautes seraient exposés à ces altitudes, par suite de la dépression, à des malaises insupportables surtout à la fin d'un long voyage.

Le ballonnet à air ayant pour effet de maintenir le ballon constamment plein, si une cause quelconque augmentant sa force ascensionnelle fait perdre terre au guide-rope et que la manche du ballonnet soit fermée, le gaz sortira du ballon aussitôt que celui-ci commencera à monter, et par suite l'altitude atteinte sera très faible; d'où dépense de lest presque nulle à la descente.

A la fin du voyage il en sera de même, et l'aérostat, s'il cessait de guide-roper, au lieu de s'élever à 7 500 m, ne monterait qu'à quelques centaines de mètres.

Pour supprimer le poids du diaphragme du ballonnet on pourrait songer à envoyer directement de l'air dans le ballon ; ceci aurait plusieurs inconvénients :

1° La majeure partie de cet air, restant sans se mélanger à la partie inférieure du ballon, sortirait la première en cas de dilatation du gaz ; l'altitude maxima d'équilibre serait par suite beaucoup plus grande qu'avec le ballonnet ;

2° On aurait dans le ballon un mélange détonant ;

3° L'aérostat rentrerait dans la catégorie des ballons à gaz lourds qui, comme on le sait, sont d'une conduite plus difficile que les ballons à gaz légers.

Par ces considérations la présence d'un ballonnet à air est, non seulement utile, mais indispensable pour exécuter un long voyage aérien.

NOTE F.

L'aérostat ne pourra être rendu captif que par des vents d'une vitesse inférieure à 10 m à la seconde ; par cette vitesse et des vitesses supérieures il serait beaucoup trop secoué et devrait fuir, comme le fait un navire à voile rencontrant un vent par lequel il ne peut gouverner.

Le calcul de la hauteur de l'aérostat captif au-dessus du sol, calcul fait par l'application des formules citées à la note D et en tenant compte du délestage produit par la portion du guide-rope qui se dépose sur le sol au moment de l'arrêt, conduit à la règle pratique suivante :

Ne pas arrêter l'aérostat par des vents d'une vitesse supérieure à 10 m par seconde et ne l'arrêter que quand la longueur de guide-rope posant à terre est comprise entre :

90 m et 150 m par des vents de 6 à 10 m ;

90 m et 200 m par des vents de 3 à 6 m.

Employer pour attacher l'aérostat captif une corde en chanvre n° 2 de 200 m de longueur. La corde n° 2 se rom-

pant par un vent de 12 m, l'aérostat ne courra pas le danger d'être couché par une rafale subite.

Avec ces précautions l'altitude de l'aérostat captif ne descendra pas au-dessous de 30 m si aucune cause accidentelle ne vient diminuer sa force ascensionnelle et tant que la vitesse du vent ne dépassera pas 10 m à la seconde.

NOTE G.

Si, comme nous le supposons, le guide-rope a été choisi de façon que l'aérostat ne cesse pas de guide-roper quelles que soient les variations de force ascensionnelle dues à des influences extérieures, l'aéronaute n'aura pas à se préoccuper de l'action de ces influences sur le ballon, le guide-rope suffisant à leur faire équilibre.

Le ballon possédant un ballonnet, on pourra sans danger laisser sa manche liée tant qu'une portion de guide-rope repose sur le sol, à la condition de laisser ouverte celle du ballonnet; par suite quand l'aérostat guide-ropant s'élève il ne perd pas de gaz, son augmentation de volume ayant seulement pour effet de vider en partie ce dernier.

La seule cause de perte de gaz contre laquelle l'aéronaute aura à lutter est la perte due aux fuites à travers l'enveloppe.

Afin d'évaluer cette perte, pour le ballon de 14 m de rayon, prenons comme terme de comparaison les fuites de gaz qui ont lieu à travers l'enveloppe du ballon anglais en baudruche octuple de 8 m de diamètre.

Une expérience d'une durée de un mois a permis de constater qu'un pareil ballon avait perdu après ce temps environ 6 kg de force ascensionnelle, ce qui équivaut par jour à une perte moyenne de 200 gr environ.

Les pertes de gaz sont proportionnelles aux surfaces des parois à travers lesquelles il s'écoule et à la différence des pressions des deux côtés de ces parois, les parois étant identiques (Expériences de Poiseuille et Graham).

Les parois du ballon de 14 m présentent sur celles du

ballon anglais une légère supériorité au point de vue de l'étanchéité, la paroi de celui-ci étant formée de 8 épaisseurs de baudruche, tandis que celle du ballon de 14 m comporte de plus un tissu de soie recouvert d'un enduit hydrofuge.

En considérant ces deux parois comme identiques afin de pouvoir leur appliquer la loi de Poiseuille, nous trouverons pour ce dernier ballon un chiffre maximum des pertes dues aux fuites ; ce chiffre déduit des expériences rapportées précédemment est de 8,6 kg par jour environ.

Il est par suite permis de considérer le ballon de 14 m de rayon constitué ainsi qu'il a été dit comme présentant une étanchéité presque absolue.

Si l'aérostat en question ne cessait pas de guide-roper, il pourrait rester presque indéfiniment en l'air ; mais certaines causes (orages à éviter, escarpements à franchir, etc.), pourront le forcer à naviguer libre. La durée de son voyage, en supposant que ces diverses causes l'empêchent de guide-roper pendant une moyenne de 2 heures par jour — ce chiffre est un grand maximum, — sera par suite environ 12 fois plus grande que s'il n'usait pas de son guide-rope. Or l'étude des voyages exécutés avec de gros ballons permet de conclure que le ballon de 14 m de rayon pourrait sans guide-roper rester en l'air de 4 à 5 jours, vu la proportion considérable de lest emportée et grâce à son ballonnet.

La navigation au guide-rope de cet aérostat pourrait donc être prolongée une cinquantaine de jours avant que tout son lest disponible soit complètement dépensé.

NOTE H.

Soit OABCDEFG (fig. 3) la projection sur le sol de la marche de l'aérostat et OX la direction dans laquelle doit s'accomplir le voyage.

Nous appellerons « distance utile franchie » la longueur

OM de la projection sur la ligne OX du chemin parcouru par l'aérostat ; cette longueur étant comptée positivement de O vers X et négativement en sens contraire.

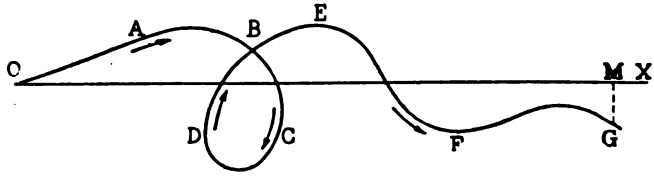


Fig. 3. — Projection horizontale de la trajectoire du ballon.

L'aérostat partant du point O et devant franchir la plus grande distance utile possible, la méthode de marche sera la suivante :

Marcher avec tous les vents qui donnent une augmentation de distance utile positive ; stopper par tous les vents devant procurer une distance utile négative.

Si nous supposons par exemple que la ligne OX soit dirigée suivant un parallèle et que X soit à l'est de O, l'aérostat marchera avec tous les vents venant de directions comprises dans la demi-rose N. O. S et stoppera par tous les vents venant de directions comprises dans la demi-rose N.E.S.

On a vu que l'aérostat ne pouvait stopper que par les vents d'une vitesse inférieure à 10 m par seconde ; donc toutes les fois qu'un vent venant d'une direction comprise dans la demi-rose N.E.S soufflera avec une vitesse supérieure à 10 m, il sera nuisible puisqu'il forcera l'aérostat à rétrograder ; tout autre vent sera utile ou indifférent.

La vitesse de l'aérostat est inférieure à la vitesse du vent d'une quantité

$$y = \frac{6{,}3\sqrt{fp}}{D}.$$

Si donc V est la vitesse du vent, l'aérostat marchera avec une vitesse

$$v = V - y.$$

Soient T la durée du voyage;

t la fraction de cette durée pendant laquelle souffle le vent le plus favorable, c'est-à-dire dans notre hypothèse le vent d'ouest;

t', t , t'''..... les fractions de T pendant lesquelles soufflent des vents compris dans la demi-rose favorable N. O. S; vents faisant les angles φ', φ'', φ'''..... avec la direction OX;

V, V', V'', V'''..... les vitesses moyennes de ces vents.

Ils font progresser l'aérostat dans la direction X de longueurs utiles

$$vt\,;\ v't'\cos\varphi'\,;\ v''t''\cos'\varphi''\ldots\ldots^{1}.$$

Soient ϑ_1, ϑ_2 les fractions de T pendant lesquelles soufflent les vents indifférents du N et du S;

$\theta, \theta', \theta''$..... les fractions de T pen lant lesquelles soufflent les vents compris dans la demi-rose défavorable N.E.S avec des vitesses inférieures à 10 m par seconde.

Pendant ces fractions de temps l'aérostat ne progresse ni ne rétrograde.

Soient τ, τ', τ'' ..... les fractions de T pendant lesquelles soufflent les vents compris dans la demi-rose défavorable N.E.S avec des vitesses W, W', W'',.... supérieures à 10 m, le vent de durée τ étant le vent d'Est et les vents de durées τ', τ'',..... faisant avec OX des angles ψ', ψ'',.....

Ces vents font rétrograder l'aérostat de longueurs nuisibles

$$(W-y)\,\tau, (W'-y)\,\tau'\cos\psi', (W''-y)\,\tau''\cos\psi''\ldots\ldots$$

On a par hypothèse

$$T=t+t'+t''+\ldots+\theta_1+\theta_2+\theta+\theta'+\theta''+\ldots\tau+\tau'+\tau''+\ldots$$

1. v, v'...t, t'.... sont exprimés en la même unité de temps, par exemple l'heure.

et la distance utile Δ, parcourue par l'aérostat à la fin du voyage, est donnée par la formule générale[1] :

$$\Delta = \left[\begin{array}{l} (V - y)\, t + (V' - y)\, t' \cos \varphi' + \ldots\ldots \\ (W - y)\, \tau - (W' - y)\, \tau' \cos \psi' - \ldots\ldots \end{array} \right]$$

qui peut s'écrire :

$$\Delta = (V - y) t + \Sigma (V' - y)\, t' \cos \varphi' - (W - y) \tau - \Sigma (W' - y) \tau' \cos \psi'.$$

Si l'on suppose que l'aérostat parcoure une région dont le régime des vents est uniforme, c'est-à-dire une région dans laquelle la probabilité d'un vent de direction et de vitesse données soit partout la même, cette formule donnera la distance utile parcourue par l'aérostat en fonction de la durée du voyage.

Par l'application de cette formule à une région fictive dont le régime des vents serait celui de Paris, au mois de juillet, on trouve, pour T = 30 jours (soit 720 heures), $\Delta = 6\,120$ km, ce qui correspond à une vitesse moyenne utile de l'aérostat de 2,4 m environ à la seconde ; c'est la vitesse d'un cheval au trot.

E. Deburaux,

Lieutenant à la 1re compagnie d'aérostiers.

---

1. Dans cette formule, si $y > V$, ou $y > V'$, ou $y > V''$..... le terme correspondant de la formule algébrique doit être considéré comme nul, le ballon ne pouvant dans ce cas démarrer son guide-rope.

SUR LE MODE D'EMPLOI

DU

BÉTON DE CIMENT DE PORTLAND

DANS LES

TRAVAUX DE FORTIFICATION EN AUTRICHE-HONGRIE

Le béton de ciment est actuellement employé sur une échelle très étendue pour les travaux de fortification dans tous les pays. Nous croyons pouvoir revendiquer pour le corps du génie français l'honneur d'avoir inauguré cette application pour la construction des massifs des tourelles cuirassées établies en 1879, et la *Revue du génie* a donné (t. I, p. 352) les dosages employés à cette occasion dans divers forts. Toutefois, à part les instructions officielles sur l'emploi du béton de ciment, il a été fort peu écrit à ce sujet.

Cette circonstance donne une valeur toute particulière à une étude que le capitaine du génie autrichien Csongvay de Csegez a publiée récemment[1] comme résultat d'une expérience de 6 années et de l'emploi de plus de 100 000 m³ de béton.

Dans ce travail, dont nous donnons ci-après l'analyse détaillée, on retrouvera maintes fois énoncées des procédés usités en France; d'autres, au contraire, en diffèrent. Ils pourront dans tous les cas fournir matière à d'utiles comparaisons.

1. *Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens*, 3. Heft. 1890.

Éléments du béton.

Ciment de Portland. — Les règles relatives à la réception du ciment en Autriche ressemblent beaucoup à celles qui sont réglementaires en Allemagne[1] et qui ont été analysés ici. On se bornera à signaler les principales différences[2].

Temps de prise. — Le ciment de Portland est à prise lente, moyenne ou rapide.

Il est à prise rapide lorsque, gâché pur, il commence à faire prise à l'air avant 10 minutes;

A prise lente lorsque ce commencement de prise ne se manifeste pas avant de 30 minutes.

On sait que les cahiers des charges français et allemands indiquent deux modes distincts pour fixer la consistance et par suite la quantité d'eau de gâchage de la pâte d'essai. En Autriche on en emploie un troisième qui consiste dans l'emploi d'une sorte d'aiguille Vicat, chargée de 300 gr et de 1 cm² de section.

Un gâteau de pâte de 4 cm de hauteur et 8 cm de diamètre ne doit pas se laisser pénétrer par cette aiguille à 34 mm de profondeur. Dans le cas contraire, on modifie la quantité d'eau de gâchage.

Finesse de mouture. — On emploie les tamis de 900 mailles par cm² (fil de 0,1 mm) et de 4 900 mailles (fil de 0,05 mm); sur le premier, le résidu doit être de 10 p. 100 au plus, et sur le second, de 35 p. 100.

Essais de résistance. — Le sable normal est obtenu au moyen de sable quartzeux passé dans des tamis de 64 mailles (fil de 0,4 mm) et de 144 mailles (fil de 0,3 mm).

---

1. *Revue du génie*, t. II, 1888, p. 80.

2. D'après les *Règles pour la réception et l'épreuve du ciment de Portland*, admises en 1889 par l'association autrichienne des ingénieurs et des architectes.

Les essais de traction sont faits sur les briquettes de 5 cm² et doivent donner par cm² au moins :

pour le Portland à prise lente ou moyenne, 15 kg après 28 jours, 10 kg après 7 jours;

pour le Portland à prise rapide, 12 kg et 8 kg respectivement.

Les épreuves à la compression sont exécutées sur des cubes de 50 cm² et doivent donner :

ciment à prise lente ou moyenne, 150 kg. ;

ciment à prise rapide, 120 kg.

Dans la préparation à la main, on emploie une spatule pesant 350 gr.

Dans la préparation mécanique, le mouton pèse 3 kg et tombe de 50 cm.

D'après l'auteur, chaque place dans laquelle s'exécutent des travaux importants de bétonnage doit posséder les appareils de réception des ciments.

Sable. — On emploie indifféremment les sables quartzeux, calcaire ou dolomitique. L'essentiel est que le sable ne renferme pas de parties terreuses ou organiques qui nuisent à la cohésion. On préfère celui qui est en grains de moyenne grosseur, anguleux et à arêtes vives.

Pierraille. — La pierraille doit provenir de matériaux ni hygroscopiques ni gypseux, non gélifs et possédant une cohésion au moins égale à celle du ciment : on emploie le granit, le porphyre, le quartz, les cailloux roulés, le calcaire moyennement dur ou dur.

Chaque caillou doit être autant que possible à arêtes vives, propre, et d'un volume de 10 à 60 cm³, soit, comme grosseur moyenne normale, 25 à 30 cm³. La dimension des cailloux doit être sensiblement proportionnée à celle de l'objet en béton.

En raison de leur propreté et de la vivacité de leurs arêtes, on préfère les cailloux cassés à ceux qui sont bruts

de carrière. Les cailloux roulés sont excellents à condition que l'on casse les gros s'ils sont en proportion notable.

Le cassage se fait généralement à la main : 1 m³ de moellon calcaire, moyennement dur, donne de 1 à 1,05 m³ de pierraille. Les machines à casser la pierre essayées par l'auteur n'ont pas donné de bons résultats.

Dosage du béton. — On admet en Autriche que la quantité de mortier la plus convenable doit dépasser de 15 à 20 p. 100 le volume des vides, mesuré au moyen de l'eau. Une proportion moindre donne un béton poreux et difficile à employer : plus forte, elle augmente inutilement le prix du béton qui n'en acquiert pas plus de résistance et se dérobe à l'action du pilon.

Quant aux dosages relatifs des 3 matériaux, ils sont fixés comme suit pour les travaux de fortification dans lesquels on recherche la résistance avant l'économie.

NATURE DU TRAVAIL.		CIMENT.	SABLE.	CAILLOUX.
Fondations, pavages et objets communs, à l'exclusion des terrasses.	de . .	1	4	7
	à . .	1	5	8
Id. en mauvais terrain.		1	4	6
Maçonnerie en élévation et voûtes plus ou moins exposées aux projectiles. .	de . .	1	4	6
	à . .	1	3	4
Voûtes à l'épreuve, murs exposés aux coups. .		1	3	4
Grosses pierres d'appareil	de . .	1	3	4
	à . .	1	2	3
Petites pierres d'appareil soignées avec petit gravier		1	1,5	2

Pour obtenir un béton très compact, on recommande de remplacer une fraction du sable, 1/3 par exemple, par du gravier.

Comme la multiplicité des dosages entraîne de la complication et des frais, on adopte pour des travaux d'ensemble un dosage uniforme, 1/3/4 ou 1/4/5.

Pour 1 m³ de béton comprimé et sec on compte :

		Dosage 1/4/6.	Dosage 1/3/4.
Ciment	m³	0,145	0,200
Sable	m³	0,580	0,600
Cailloux . . .	m³	0,870	0,800
Total . .	m³	1,595	1,600

Le poids du m³ de béton durci est de 2 100 à 2 500 kg, et sa résistance à la compression après 7 mois est de 110 et 140 kg par cm². Dans la pratique, il convient de s'en tenir à 15 ou 20 kg par cm².

Eau.— L'auteur distingue dans la solidification du mortier de ciment deux phases :

1° La prise, au bout de laquelle la masse a acquis du corps sans résister à l'ongle ou au couteau ; pour qu'elle se fasse dans de bonnes conditions, il faut éviter tout excès d'eau. Il suffit que le mortier coule par couche mince sur une pente de 1/5, alors le béton possède la consistance de terre fortement mouillée et on peut encore le travailler facilement ;

2° Le durcissement, qui dure des années et qui est favorisé par une humidité constante.

Fabrication du béton.

Fabrication du béton à bras. — La fabrication du béton s'effectue suivant les cas à bras ou mécaniquement. Chacune des méthodes a ses avantages et ses inconvénients.

A bras le mélange est peut-être plus soigné, mais il est plus lent, exige plus de personnel et assure moins d'uniformité.

Il convient donc d'adopter la fabrication à bras lorsqu'on n'a que de petites quantités de béton à employer en un même chantier et avec le même dosage, ou lorsqu'on se sert de ciment rapide qui ferait prise dans les bétonnières mécaniques.

En Autriche, on opère ainsi : Sur une plate-forme en bois de 5 m × 5 m on étend une couche de sable de 10 à 12 cm d'épaisseur, puis par-dessus, la quantité correspondante de ciment. On mélange le tout, à sec, et à trois reprises à l'aide de pelles, jusqu'à coloration uniforme. Ensuite on y creuse une fontaine dans laquelle on verse l'eau *très lentement*. On mélange de nouveau et on ajoute la pierraille bien lavée et fraîchement arrosée ; on mélange encore à trois reprises.

Le béton ainsi obtenu doit ne pas être fluent, mais être assez consistant pour former des mottes.

Le volume de chaque mêlée ne doit pas dépasser 0,5 m³, si l'on veut qu'elle soit faite dans de bonnes conditions.

Une plate-forme exige pour son service 4 hommes pour transporter à pied d'œuvre le béton fabriqué, dont la quantité s'élève à 8 m³ par jour. Il faut 3 hommes pour appliquer ce béton, de sorte que chaque atelier comprend 7 hommes, et que la production journalière est de 1,14 m³ par homme.

Les chiffres ci-dessus supposent une distance de 8 à 12 m au plus entre la plate-forme et le lieu d'emploi. Si cette distance était plus considérable, il faudrait compter en sus 4 à 6 hommes par atelier.

Fabrication mécanique du béton. — La fabrication du béton à l'aide de machines demande une surveillance et un personnel moindre que celle à bras; elle est plus économique en grand, mais elle donne un mélange moins intime, et dont il est difficile de faire varier le dosage.

On admet en Autriche que ce mode de fabrication est avantageux lorsque la quantité de béton dépasse 4000 m³, et que la surface horizontale du chantier est assez grande pour permettre une consommation journalière de 70 à 80 m³ de béton. Il faut, de plus, que le transport du produit soit facile jusqu'à pied d'œuvre, et que l'on ne se serve pas de ciment à prise rapide.

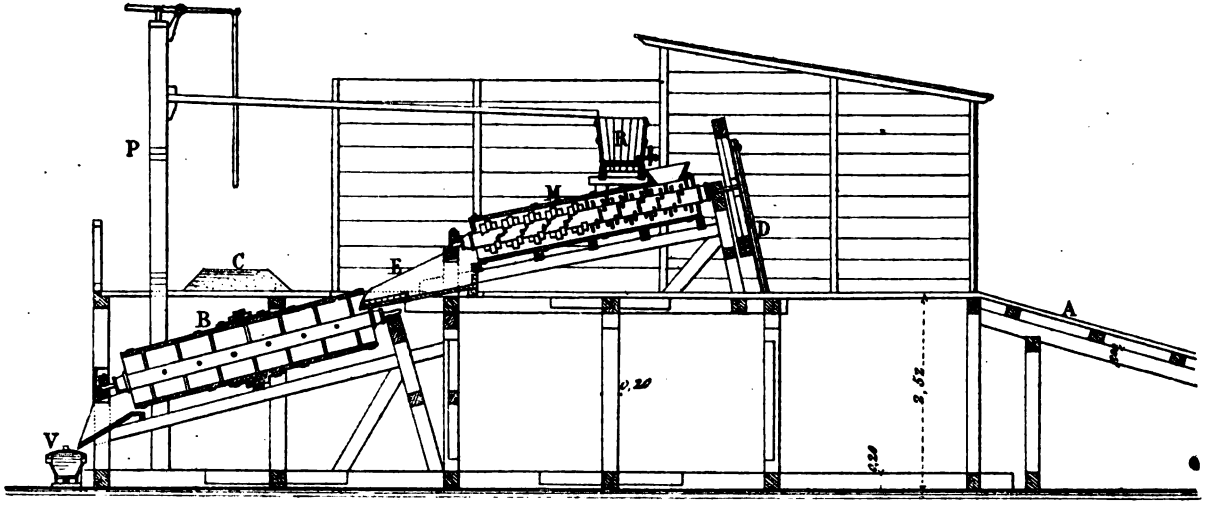


Fig. 1. — Machine à fabriquer le béton.

A, rampe d'accès; M, malaxeur à mortier; D, bielles de manœuvre; P, pompe; R, réservoir à eau; E, couloires; C, dépôt de pierraille; B, bétonnière; V, brouette.

La bétonnière la plus employée en Autriche comprend (fig. 1) deux tambours en bois, revêtus intérieurement de tôle, de 3 m à 3,30 m de longueur et de 0,55 m à 0,75 m de diamètre, placés à des hauteurs différentes.

Le plus élevé M, incliné à 1/5, sert à mélanger le mortier ; il est traversé par un arbre, qui est mis en mouvement au moyen d'une manivelle sur laquelle agissent 6 à 8 hommes par l'intermédiaire de 2 bielles D manœuvrées à bras.

Le sable, le ciment et l'eau descendent d'une trémie dans l'intérieur du tambour, ils sont remués à l'aide des dents et des palettes en fer portées par l'arbre, et qui touchent presque la paroi intérieure du cylindre.

De l'extrémité inférieure de ce tambour fixe ou malaxeur, le mortier descend dans une couloire E où l'on jette à la pelle la proportion convenable de cailloux ; le mélange grossier est poussé dans la bétonnière proprement dite. Ce tambour B, incliné à 1/4, peut tourner autour de son axe ; il est actionné par une courroie sans fin qui embrasse sa partie extérieure, et emprunte son mouvement à une roue à bras non représentée sur la figure.

En supposant la bétonnière à 30 ou 40 m du dépôt des matériaux et à 40 ou 50 m du chantier, elle demande pour son service 55 hommes et peut produire 77 m³ de béton par jour. La production par homme est ainsi égale à $\frac{77}{55}$ = 1,40 m³ ; elle dépasse de plus de 1/4 celle à bras.

Si l'importance du chantier est assez grande pour occuper 2 à 3 bétonnières, il y a avantage à les commander par une locomobile ; on économise ainsi 12 à 16 hommes par bétonnière et la production de chacune s'élève à 90 et même 100 m³.

La figure 2 indique en plan la disposition d'un chantier de ce genre.

Emploi du béton.

Manipulation du béton. — Le béton fabriqué est transporté au moyen de brouettes sur l'emplacement qu'il doit

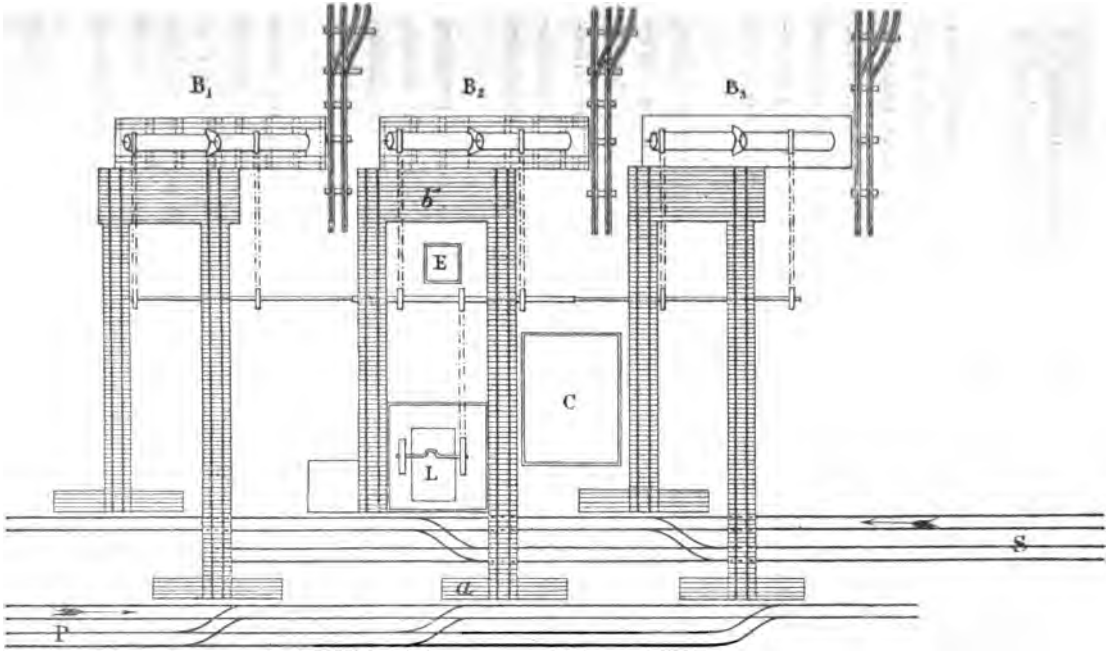


Fig. 2. — Disposition d'un atelier de fabrication de béton.

P, voie ferrée pour amener les matériaux; C, dépôt de charbon; E, réservoir d'eau; B_1, B_2, B_3, bétonnières; L, locomobile; S, voie allant au dépôt de sable; P, voie allant au dépôt de cailloux; *a*, rampe; *b*, plate-forme à 2 m de hauteur.

occuper, étendu à la pelle en couches de 10 à 15 cm d'épaisseur, puis pilonné.

Le pilonnage doit être terminé avant que le ciment n'ait achevé sa prise, ce qui limite l'éloignement entre l'atelier de fabrication et le chantier.

Les dames en bois ou en fer servant au pilonnage ont un poids de 7 à 10 kg et une base de 12 à 16 cm de côté. Plus étroites, elles laissent échapper trop facilement le béton ; plus larges, elles le compriment trop faiblement. Une dame lourde a l'avantage de n'exiger, de la part du pilonneur, d'autre effort que celui qu'il faut pour la soulever, de sorte que la surveillance du chantier devient fort simple.

On recommande de mener le travail, autant que possible, par couches horizontales, afin d'éviter les joints verticaux qui sont dans de mauvaises conditions au point de vue de l'adhérence. Si, d'ailleurs, le travail doit être interrompu 1 ou 2 jours, il faut, avant de le reprendre, bien nettoyer la surface de liaison, la laver, la piquer et l'enduire d'une couche de mortier de ciment.

Lorsque la chose est possible, on doit, en été, pendant les premiers jours, soustraire le béton à l'action du soleil, et l'arroser fréquemment de manière à éviter la formation de fissures.

Formes et coffres à béton. — Ces constructions, en charpente et madriers jointifs, diffèrent des cintres employés dans la construction des voûtes en maçonnerie en ce qu'elles sont un peu plus légères, le béton prenant rapidement une consistance suffisante. Il est essentiel d'éviter tout déplacement de manière à empêcher des déformations que l'on ne corrige plus tard qu'à grand'peine.

Pour des détails qui se répètent, tels que des baies des créneaux, etc., on emploie des moules bien rabotés extérieurement et faciles à démonter de manière à pouvoir se transporter d'un point à l'autre.

L'enlèvement des coffrages peut avoir lieu de 1 à 15 jours après la mise en place du béton de Portland, suivant que l'on a affaire à des travaux de faible ou de grande étendue.

Enduits. — Généralement il est nécessaire de parer les surfaces brutes en y appliquant un enduit, d'autant plus adhérent qu'il est appliqué plus vite après le décintrement ce qui ne doit pas dispenser d'un nettoyage au balai et à la brosse, ainsi que d'un arrosage.

Si l'on est forcé de différer l'application de cet enduit plus de 1 à 2 jours, il vaut mieux s'en dispenser, car on n'obtiendrait ainsi que peu ou point d'adhérence.

Alors, pour obtenir des surfaces lisses, il convient de commencer par appliquer du mortier sur le couchis et, aussitôt le travail terminé, étendre une couche de 2 cm de mortier qu'on étale simplement à la latte.

La composition de l'enduit varie suivant les cas. Lorsqu'on n'a en vue que le bon aspect, on se contente d'un mortier de ciment à 1/4 ou à 1/5, ou bien de chaux hydraulique.

Les surfaces de béton exposées aux intempéries ou au contact de la terre demandent un mortier à 1/3, à 1/2 ou même à 2/3.

Pour obtenir une surface qui soit imperméable, même sous d'assez fortes pressions, on emploie un mélange de 1 de ciment, 1 de sable et 1/4 à 1/6 de chaux grasse.

Il convient de préserver de la gelée les bétonnages et les enduits pendant 2 semaines au moins après la construction.

Pierres artificielles.

Dans les travaux de fortification, on emploie d'une manière générale la maçonnerie de briques ou de moellons ; mais on y intercale des pierres de taille toutes les fois que l'on doit obtenir des formes précises, encadrements de baies, arêtiers de voûtes, chaperons de murs, etc.

On peut, à ces pierres d'appareil, substituer des blocs de béton moulés à l'avance ou coulés sur place entre la maçonnerie déjà construite et un banchage spécial.

Pour obtenir des surfaces saines, on doit employer un couchis raboté et enduit de savon ou d'huile ; puis, après la coulée, garantir la surface des rayons du soleil, surtout en été.

Pour les pierres de voûte, exposées à de fortes pressions, on emploie du béton à 1/2/3 ou à 2/3/4.

Lorsqu'on redoute les influences atmosphériques, il est bon d'appliquer une bonne couche de mortier de ciment ou d'un enduit appliqué au plus tard 2 jours après l'exécution du béton. Il est essentiel de ne pas lisser la surface du ciment, sans quoi il s'y forme des fissures qui s'élargissent de plus en plus. On se trouve bien, au même point de vue, de garantir le béton contre les rayons du soleil dans les jours qui suivent le coulage, et de l'arroser fréquemment pendant la période du durcissement.

Le dosage du béton employé à ces travaux est pour de grosses pièces, 1/3/4, et pour de petites pièces soumises à des efforts considérables, 2/3/4. Pour obtenir de la finesse, on emploie exclusivement du gravier.

Les pièces une fois coulées, on les conserve à l'ombre, dans un endroit humide ; on peut même, pour obtenir plus de précision et de résistance, les faire durcir sous l'eau.

Égouts en béton. — Le béton de ciment de Portland convient surtout à la construction des parties des bâtiments exposées à une humidité persistante, attendu que dans ce cas il durcit et gagne de l'imperméabilité.

Des égouts en béton peuvent recevoir une épaisseur de 14 à 17 cm pour une hauteur de 0,75 à 1,05 m, en admettant un dosage de 1/3/4, avec de petits cailloux. Si l'on a à craindre un afflux d'eau considérable, il convient d'employer la proportion 1/2/3. Avec des cailloux cassés gros

et du sable médiocre, on porterait l'épaisseur des parois à 20 cm.

Il est avantageux d'employer une forme intérieure en tôle de 1,50 m à 2 m de long, ayant pour section un ovale ouvert par le bas, et dont les deux parois sont maintenues à leur écartement par des étrésillons de forme convenable.

Urinoirs et fosses d'aisances. — Pour la fosse et les parties immédiatement contiguës, on doit employer le dosage 1/3/4; pour le reste, le dosage 1/4/6 suffit parfaitement.

Il est bien entendu que, même avec le béton le plus riche, on n'obtient pas l'imperméabilité absolue; pour rendre la fosse étanche, il faut l'enduire d'un mortier de 1 de ciment, 1 de sable et 1/4 à 1/6 de chaux.

Les aires des latrines et les parois des urinoirs peuvent, à défaut de plaques d'ardoise ou de marbre, être recouvertes d'un enduit de mortier de ciment de Portland; mais il faut les préserver des influences atmosphériques qui élargissent les fissures et déterminent la chute de l'enduit.

La première couche, de 12 à 14 mm, est en mortier de Portland à 1 de ciment pour 2 de sable; la seconde, de 8 mm, est en ciment pur et bien polie.

Aires en béton. — Elles conviennent aux locaux qui sont exposés à l'humidité provenant du sol ou des manipulations que l'on y exécute.

Sur un sol sablonneux et sec, on étend une épaisseur de 12 à 16 cm de béton à 1/4/6 ou à 1/3/4, que l'on recouvre d'un enduit de mortier de ciment à 1/3 ou 1/2. On l'applique avec soin et on l'arrose jusqu'à complet durcissement.

Dans les locaux devant servir de magasins, on superpose à cette couche de béton un parquet en bois injecté de créosote ou imprégné de goudron chaud.

Chapes en béton. — Les chapes en béton de 16 à 20 cm d'épaisseur, assurent rarement l'imperméabilité des voûtes

sur lesquelles elles sont posées. Appliquées peu de temps après la construction des maçonneries, elles subissent des tassements qui les fissurent. D'un autre côté, si l'on attend que les tassements soient achevés, un an par exemple, l'adhérence du béton est incomplète, et l'humidité pénétrant par-dessous la chape, la fait éclater.

L'auteur recommande les précautions suivantes :

Construire la maçonnerie et la chape en mortier de ciment ; donner à celle-ci une épaisseur minimum de *40 à 50 cm* et attendre pour l'appliquer que les maçonneries aient achevé leur tassement, et que leur surface libre ait été bien nettoyée et lavée.

Ici encore il convient, pour éviter la production de fissures, de ne pas lisser l'enduit.

Fondations sur sol peu résistant. — Le béton est excellent pour former des radiers qui, coulés 6 à 10 mois à l'avance, reportent la pression des constructions supérieures sur un sol peu consistant. Mais ils n'empêchent pas toute la construction de s'enfoncer en bloc, de sorte que, si la consistance du terrain est variable, il faut enfoncer des pilots ou intercaler une couche de sable de 1 à 2 m d'épaisseur. Faute d'observer cette précaution, il peut se produire des ruptures de voûtes dont l'auteur cite un exemple intéressant.

A la suite de tassements inégaux dans les piédroits d'une série de casemates construites en béton à 1/4/6, il se produisit des fissures de 15 mm de largeur à travers les voûtes, qui se trouvèrent ainsi composées d'énormes voussoirs à joints irréguliers. On chargea ces casemates de hauteurs de terre variables, 3 m en certains points, 6 m en d'autres ; au bout de 6 mois de mauvaise saison, les fentes s'élargirent à 20 et 24 mm, et la construction atteignit son état d'équilibre définitif, lequel ne changea pas lorsqu'on enleva les terres ; on coula du béton dans les fentes par-dessus, on appliqua un enduit à l'intérieur. Après la

remise en place des terres, il se produisit de nouvelles fissures sur l'emplacement des anciennes, mais elles finirent par se colmater. Finalement, les casemates sont devenues susceptibles d'emploi et sont sèches.

On emploie aussi dans les fondations un béton économique, renfermant de gros blocs de moellon, que l'on obtient comme suit. Sur une couche de béton de 30 à 40 cm d'épaisseur on pose, avec des joints de 3 à 8 cm, une autre couche de gros moellons *parfaitement nettoyés* et arrosés, assez gros pour former chacun la charge d'une brouette. On étend du béton par-dessus de manière à ce qu'il remplisse bien les joints et qu'il reflue sur 8 cm environ d'épaisseur ; puis on recommence avec une nouvelle couche de moellons, et ainsi de suite.

A volume égal, cette maçonnerie coûte moins que celle de moellons ordinaires avec mortier de ciment, attendu que l'exécution en est beaucoup plus simple et peut être confiée à de simples manœuvres sous la direction d'un surveillant. Elle convient non seulement pour les fondations, mais encore pour les culées de voûtes et les angles des murs de revêtement.

On exécute habituellement sans coffrage les fondations en béton, et ce n'est que lorsqu'elles sont arrivées à hauteur du sol que l'on établit les formes pour les murs qu'elles doivent supporter : même marche est applicable aux niches, fenêtres, créneaux.

Si l'on noyait les montants des portes dans le béton, ils joueraient et l'on n'aurait que de mauvais résultats. Il convient de les subdiviser en deux pièces, l'une en bois dur, que l'on noie dans le béton : l'autre en bois tendre que l'on fixe après coup sur la première au moyen de vis.

Constructions exposées au tir de l'artillerie.

Le béton est employé en Autriche pour former des toitures à l'épreuve de la bombe ou des murs exposés au tir *oblique* des projectiles.

L'auteur évite de préciser les dimensions à adopter en pareil cas. Il mentionne seulement les résultats suivants, obtenus avec du béton vieux d'un an, fabriqué avec grand soin, et composé de 1 de ciment de Portland, 2 de sable, 1 de gravier et 4 de pierraille.

Une bombe du plus fort calibre usité sur terre, remplie d'un explosif brisant, produit dans une couverture résistante en béton, sans surcharge de terre, un entonnoir de 1,50 m de diamètre, 25 à 30 cm au plus de profondeur, mais il y détermine des fissures qui obligent à adopter pour la forme des couvertures celle d'une voûte d'une montée de 1/4 au minimum.

Un obus en acier lancé par un canon du plus fort calibre usité sur terre, arrivant à 2 000 m sur une paroi de béton, sous l'inclinaison de 35 à 40°, donne un entonnoir un peu moindre ; mais, en raison de la plus grande précision du tir, l'auteur recommande de n'exposer au tir direct que des maçonneries de béton très inclinées, de manière que les projectiles ne puissent les atteindre que très obliquement.

Quant aux couvertures des locaux, comme l'économie interdit à peu près complètement d'y combiner le béton avec le fer, il convient de leur donner le profil de voûtes, avec une montée d'au moins 1/4 de la portée lorsque celle-ci est considérable.

Constructions entièrement en béton.

La substitution d'un béton de bonne qualité, à 1/4/6 par exemple, à la maçonnerie de briques ou de moellons, permet de réduire, en bon terrain, les dimensions de 1/6 ou de 1/5 sans aucun inconvénient. Mais il faut se garder de croire que l'emploi du béton pour la construction des voûtes supprime la poussée horizontale, car il se produit inévitablement des fissures dans le monolithe primitif.

Le grand et principal avantage du béton, c'est la simplification du travail. Un bon contremaître exercé à la

lecture des plans, et des charpentiers ordinaires suffiront pour la pose des coffrages. Pour le bétonnage, il faut deux surveillants permanents pour la fabrication et la mise en place du béton, quelques maçons pour les chapes, les enduits, les profilements, les scellements, tous les autres ouvriers sont des manœuvres.

La conduite générale du chantier est bien plus facile et il en résulte une marche plus rapide des travaux, et des économies très sensibles dans les frais généraux. Ainsi un fort de 12 000 à 20 000 m³ de maçonnerie de béton peut se construire facilement en une campagne.

Toutes ces considérations doivent intervenir dans le choix que l'on aura à faire entre la maçonnerie ordinaire et le béton.

En tout cas, il faut éviter autant que possible de combiner ensemble des modes de construction différents dans les piédroits et dans les voûtes, de même que des mortiers de nature différente. En conséquence, il convient dans les substructions de travaux en mortier de ciment de Portland, de faire porter l'économie sur le mortier que l'on prendra à 1/5.

Les travaux à faire en béton dans un fort sont : en première ligne, les coffres, abris, poternes, magasins à munitions, piédroits, voûtes et murs extérieurs de casemates ; en deuxième ligne, les revêtements de contrescarpes, les autres revêtements, les murs détachés et les tambours.

Quant aux murs de refend et aux murs de masque tournés vers la gorge, il vaut mieux les faire en briques et mortier de ciment allongé, le travail prendra ainsi moins de sujétion.

Formes à béton. — Lorsqu'on exécute en béton une construction tout entière, il convient de reproduire le plus possible les mêmes profils, afin de pouvoir employer toujours les mêmes cintres. Dans ces conditions, pour un fort comprenant 1 caponnière en capitale, 2 demi-caponnières,

16 abris, 2 grands magasins à munitions et 20 casemates, il suffira d'approvisionner les coffrages pour 1 caponnière double, 1 caponnière simple, 4 abris, 8 à 9 casemates et 1 magasin à munitions, avec une réserve de 10 p. 100 en madriers et pièces de charpente.

En terrain solide on peut très bien se dispenser de coffrages pour couler les fondations ainsi que les poternes, dont la paroi extérieure n'exige pas d'enduit. En mauvais terrain, il faut étrésillonner les parois de la fouille, au moyen de bois de qualité inférieure, que l'on se résigne, s'il est nécessaire, à laisser enfouis dans le béton.

Les coffrages pour murs droits sont constitués par des madriers horizontaux jointifs cloués sur des poteaux étrésillonnés contre le sol et les objets voisins, ou mieux reliés entre eux par des traverses à différentes hauteurs. Pour des murs courbes, les coffrages sont en madriers verticaux cloués sur des traverses horizontales taillées suivant le gabarit.

Les toitures peuvent être formées de béton construit avec des poutres en fer ou avec des tôles ondulées, planes ou courbes. Dans ce cas, ces supports en fer, qui dispensent d'employer d'autres formes, doivent reposer sur leurs appuis avec interposition de fers posés à plat.

Lorsqu'au contraire ces couvertures sont formées de béton employé seul, la forme doit s'étendre le long de la voûte. Les cintres sont construits en bois équarris ou mieux en madriers ; dans ce dernier cas, ils sont plus légers et d'un usage plus commode.

Lorsque la forme comprend une paroi verticale un peu étendue, non retenue par des terres, il faut avoir soin d'en faire vérifier plusieurs fois par jour la verticalité, et de la rétablir si elle a été perdue. D'ailleurs, il est convenable, dans le voisinage de semblables parois, de laisser subsister des remblais assez longtemps pour qu'ils puissent servir à diminuer la longueur des étrésillons.

Détails d'exécution.

Ferrures. — Les scellements dans le béton sont extrêmement pénibles à exécuter après coup, en raison de la dureté de la matière. D'un autre côté, il n'est pas toujours facile d'amener les ferrures bien à leur place avant le bétonnage. Il convient, en pareil cas, de noyer dans le béton des briques tendres dans lesquelles se fait le scellement.

Les barreaux de grille peuvent être posés avant le bétonnage, ou mieux, organisés de telle sorte qu'on puisse les placer après coup.

Cheminées. — Le béton se détériore sous l'action du feu : aussi les âtres de cheminée doivent être revêtus en briques jusqu'à 2 à 3 m au-dessus du foyer.

Pour les conduits de fumée ou de ventilation, on emploie des tuyaux en poterie bien cuite ou des briques, ce qui facilite beaucoup le travail de bétonnage et dispense de l'emploi de mandrins.

Ceux-ci ne conviennent guère que pour les conduits droits et de section circulaire.

Dans ce cas, on peut, en faisant tourner ce mandrin de 2 m de long, qui est muni à cet effet de deux poignées à sa partie supérieure, le remonter progressivement de 1,80 m chaque fois et obtenir des conduits de longueur illimitée.

En règle générale, la pose du béton a lieu par couches horizontales et le damage s'effectue suivant la verticale. Toutefois, pour des murs fortement inclinés ou pour des voûtes, le damage doit avoir lieu par couches normales au couchis, sauf, bien entendu, à la clé de voûte (fig. 3). Si l'on procédait par couches horizontales, on aurait des biseaux trop prononcés qui, faisant prise du jour au lendemain, éclateraient sous l'action du damage des couches supérieures (fig. 4).

S'il est impossible, en raison de l'étendue de la cons-

truction, d'entreprendre le bétonnage partout en même

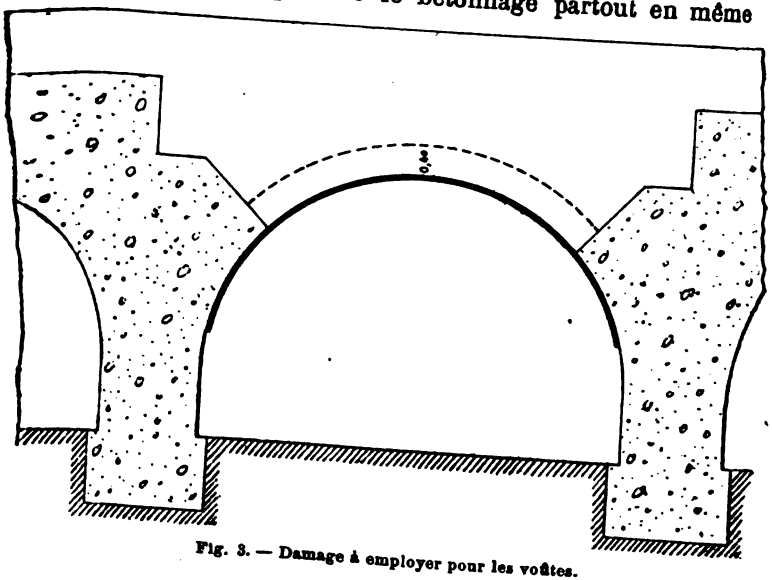


Fig. 3. — Damage à employer pour les voûtes.

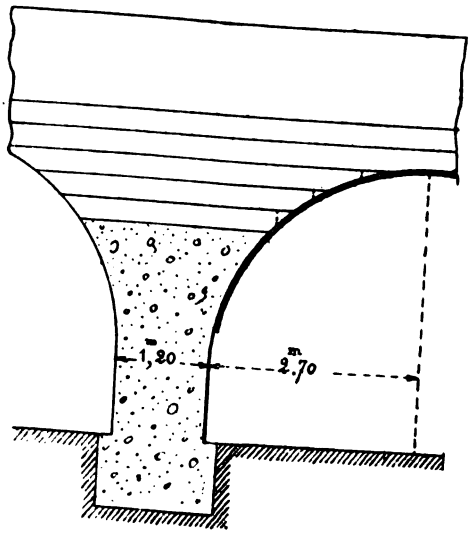


Fig. 4. — Mode de damage à éviter.

temps, on crée des joints en gradins (fig. 5) que l'on fait

de préférence coïncider avec des piédroits de forte dimension.

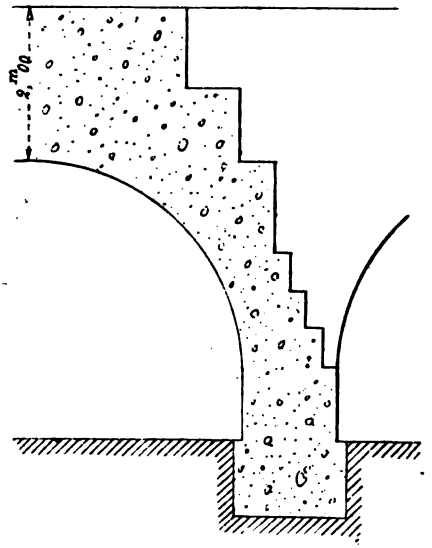


Fig. 5. — Raccordement de parties bétonnées à des époques successives.

Siccité des constructions en béton.

On croit souvent, à tort, que le béton est essentiellement imperméable à l'eau. Cela suppose un mélange en proportions convenables, et une mise en œuvre très soignée, admissible seulement pour des réservoirs par exemple. Mais le béton des travaux de fortification (1/4/6) laisse passer l'eau par les fissures superficielles et par les joints qui correspondent aux différentes périodes de la fabrication.

Il est important d'éviter que l'eau puisse s'accumuler dans des poches où elle exerce une pression notable contre les maçonneries.

Sur des surfaces en pente raide, enveloppées de sable, en bon terrain, il suffit d'appliquer un enduit imperméable, plus une couche de cailloux de 0,30 m à 0,40 m, on évacue

ainsi les eaux pluviales. Mais il est préférable d'appliquer une couche d'enduit en mortier de ciment, puis des plaques d'asphalte à âme flexible[1], et enfin par-dessus, les cailloux cassés. Cette manière de procéder est indispensable pour les constructions en mauvais terrain, à surface supérieure horizontale et recouvertes de terre argileuse.

Il faut également prévenir l'accumulation d'eau contre les murs verticaux enveloppant les locaux ou servant à soutenir les terres. Ces murs, même construits en excellent béton de ciment de Portland et d'épaisseur considérable, peuvent être déplacés et fissurés par la pression de l'eau.

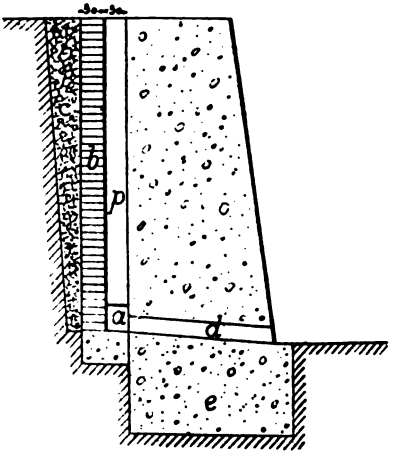


Fig. 6. — Coupe d'un mur de revêtement en béton montrant la disposition d'assèchement. *c*, cailloux cassés; *b*, briques.

Les drains en pierraille employés habituellement ne donnent de bons effets que sous des remblais en terre sablonneuse. Sous des terres grasses, des drains de 2 m en cailloux sont rapidement colmatés, en admettant même que le caniveau pratiqué par-dessous ne se comble pas d'abord de terre et de boue, ce qui entrave le fonctionnement du drainage.

1. Sur ces plaques d'asphalte, voir *Revue du génie*, t. IV, 1889, p. 77.

Ces caniveaux doivent être assez larges et disposés de telle manière qu'on puisse les nettoyer facilement.

La disposition de la fig. 6 est très convenable à cet effet. Dans la couche de pierraille *c* ménagée en arrière du mur de revêtement, on établit, de 2 m en 2 m, des puits *p* de 30 cm × 30 cm qui communiquent avec l'égout longitudinal *a*; celui-ci peut se vider par les barbacanes *d* ménagées de 2 en 2 m.

Pour les parois des casemates, on dirige les eaux vers l'intérieur, ou dans le corridor d'assainissement; un caniveau recouvert de plaques de fonte les évacue à l'extérieur.

En combinant cette disposition avec les plaques d'asphalte et une bonne ventilation, on évite la plus grande partie des dépôts d'humidité à l'intérieur des locaux.

L'emploi de briques de liège comme revêtement intérieur donne d'ailleurs des résultats excellents en diminuant le dépôt d'humidité, surtout pendant l'été.

L. B.

BIBLIOGRAPHIE

Situation actuelle de la fortification. Idées et tendances de la nouvelle école. Réponse aux critiques des régions fortifiées, par le général Brialmont [1].

L'éminent inspecteur général du génie belge est, on le sait, très prompt à la riposte, et il ne laisse pas passer une critique à ses nombreux écrits, sans y répondre.

Il s'agit cette fois de la défense des idées qu'il a exposées dans ses *Régions fortifiées* (1889).

Sur le terrain de la fortification, Brialmont a rencontré deux catégories de contradicteurs. Les uns, comme le major prussien Scheibert, sont opposés systématiquement à toute organisation permanente qui a, d'après eux, l'inconvénient d'immobiliser des garnisons considérables et d'affaiblir d'autant les armées de campagne, desquels dépend l'action décisive. Des objections de cette nature sont d'un caractère un peu trop académique, et jusqu'à présent nous ne connaissons aucun État, pas même celui auquel appartient Scheibert, qui mette en pratique ces idées.

D'autres adversaires, admettent l'utilité des places, mais critiquent l'organisation préconisée par Brialmont. Tel est le général von Sauer, de l'artillerie bavaroise. Sans entrer dans le fond de la discussion, on peut tout au moins lui reprocher de rééditer contre les nouveaux projets de l'ingénieur belge le mode d'attaque brusquée qu'il préconisait en 1886, contre les forts de cette époque.

Après s'être défendu, l'écrivain prend à son tour l'offen-

1. Un volume in-12, de 60 pages. Liège, aux bureaux de la *Revue de l'armée belge*, et Paris, Berger-Levrault et Cie. — Prix : 1 fr. 50 c.

sive contre une brochure *Les Forts et la mélinite,* par un pionnier, dont nous avons rendu compte en son temps [1], et sur laquelle nous ne reviendrons pas, l'édition de 1890 étant identique à celle de 1887. Nous préférons indiquer brièvement les conditions que Brialmont considère comme fondamentales aujourd'hui pour l'organisation d'un grand pivot stratégique.

Le noyau est protégé contre l'attaque de vive force par une enceinte, et contre le bombardement par une ceinture de forts détachés dont l'intervalle maximum est 4 000 m, un peu moindre que la portée du shrapnel de 15c.

Ces forts sont munis de larges fossés, à contrescarpe revêtue sur 4 m au moins, et généralement sans revêtements d'escarpe. Toutes les maçonneries sont défilées contre les obus de 15c à 160 m ou de 21c à 140 m de vitesse restante.

Les parapets sont masqués par des plantations, de manière à dissimuler le tir de l'artillerie.

L'armement des forts consiste en pièces de gros calibre sous coupoles ou voûtes en béton, pour tirer en avant et dans les intervalles ; en pièces de petit calibre à tir rapide pour repousser les attaques de vive force.

En outre, l'infanterie doit collaborer à la défense du fort, sans qu'on s'astreigne à l'y caserner tout entière ; une partie est empruntée à la réserve de secteur, et vient occuper les poternes et locaux de manière à pouvoir s'élancer sur les terre-pleins au moment de l'approche de l'assaillant. Le fort doit d'ailleurs posséder un réduit qui permettra de prendre cet assaillant à revers.

L'armement des batteries intermédiaires de circonstance consiste en calibres moyens très mobiles, qui changent de place lorsque le tir ennemi devient trop dangereux.

La zone des servitudes doit s'étendre jusqu'à 1 500 m en avant des enceintes et des forts, afin que l'assiégeant

1. *Revue du génie*, 1888, p. 408.

ne puisse profiter d'obstacles pour établir ses batteries de deuxième position.

La Situation actuelle de la fortification doit être recommandée comme le meilleur résumé des doctrines du général Brialmont, actuellement disséminées dans de nombreux écrits. L. B.

Précis d'hygiène appliquée, par le Dr E. Richard, médecin principal de l'armée [1].

En matérialisant la cause de la plupart des maladies sous la forme de microbes, apportés de l'extérieur dans l'organisme, la médecine moderne a ouvert un champ nouveau à la thérapeutique et à la chirurgie.

Mais en même temps qu'elle créait les méthodes antiseptiques, elle a démontré l'utilité, la nécessité de supprimer, autour de l'être bien portant, toutes les matières usées, qui sont le terrain de culture le plus favorable pour tous ces germes de maladie et d'infection.

Les ingénieurs ont largement profité de ces leçons, et ils ont créé un matériel dont les récentes expositions ont fait ressortir l'étendue et la variété.

M. le médecin principal Richard a eu l'heureuse idée de condenser, dans un volume portatif, la description de tout ce matériel, en indiquant en même temps les desiderata hygiéniques en vue desquels il avait été créé.

Il traite successivement les objets suivants :

1re partie : Protection des surfaces, sol, parquets, murs, revêtements et enduits, nettoyage et évacuation à la voirie ou à l'égout.

2e partie : Propreté corporelle, bains, blanchissage, désinfection.

3e partie : Purification de l'air, ventilation.

1. Un volume in-18 jésus, de 780 pages, avec 307 figures. Paris, Doin, 1891. — Prix, cartonné toile : 9 fr.

4e partie : Chauffage et éclairage.

5e partie : Organisation générale des hôpitaux.

6e partie : Préservation des matières alimentaires et purification de l'eau.

Ce livre est écrit surtout pour les médecins ; l'auteur a passé rapidement sur les conditions matérielles d'installation et sur le côté économique de la question.

Néanmoins, l'ingénieur y trouvera un guide commode, dans lequel sont indiquées les exigences de l'hygiène moderne. En le suivant, il marchera de concert avec le médecin, et dirigeant ses efforts dans le même sens, il arrivera plus vite au but poursuivi avec autant de persévérance que de succès par l'administration de la guerre, sous l'impulsion efficace de son chef actuel. L. B.

Éléments de topographie à l'usage des candidats à l'École de Saint-Cyr, par E. Crouzet, chef de bataillon du génie [1].

S'il est toujours difficile d'infuser à la jeunesse les éléments d'une science, il l'est bien plus encore de fonder un enseignement nouveau, tel que celui de la topographie, qui figure dans les nouveaux programmes de notre École spéciale militaire. Il faut en effet faire à la théorie et à la pratique leur part, sans s'égarer dans des abstractions géométriques peut-être élégantes, mais plus curieuses qu'utiles, sans descendre dans les minuties de l'exécution des levers et du maniement des appareils, que l'on n'apprend bien que sur le terrain.

Aussi était-il à souhaiter qu'un officier, possédant la compétence nécessaire, prît la peine de rédiger un petit livre, destiné à servir de guide tant aux élèves qu'aux professeurs de l'Université. Il fallait leur montrer ce qui

1. Un volume in-8° de 116 pages, avec figures et 3 planches. Paris, Nony et Cie, 1891. — Prix : 2 fr.

est essentiel, et ce qui, au contraire, n'étant qu'accessoire, peut être relégué au second plan.

Nul ne pouvait mieux s'acquitter de cette tâche que le chef de la section des levers de précision du service géographique de l'armée.

Grande clarté d'exposition, logique dans la méthode, rigueur dans l'enchaînement des principes, telles sont les qualités que l'auteur a su réunir dans ce petit livre, où les anciens élèves de l'École d'application de l'artillerie et du génie pourront retrouver l'écho des leçons du regretté colonel Goulier. Nous ne saurions le mettre sous un meilleur patronage. L. B.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Aéronautique. — Hydrogène pur et hydrogène impur.

Depuis que, par le perfectionnement des machines dynamo-électriques, l'électricité s'obtient d'une façon très économique, une foule d'applications industrielles sont devenues possibles, en outre de l'éclairage et du transport du travail. De ce nombre sont la soudure et la fusion des métaux, la préparation électrolytique du cuivre, de l'aluminium, du magnésium, et enfin celle de l'hydrogène et en même temps de l'oxygène par la décomposition de l'eau.

Le voltamètre que l'on emploie dans les cabinets de physique pour répéter l'expérience de Carlisle et Nicholson est très mal disposé pour fournir une production de gaz de quelque importance ; il n'admet que des courants très faibles. Le débit étant proportionnel à l'intensité du courant qui traverse le liquide (1 coulomb, ou 1 ampère pendant 1 seconde, dégage 115 mm^3 d'hydrogène), il en résulte que, pour avoir une forte production, il faut faire passer un courant intense, et si l'on veut éviter une perte d'énergie sous forme d'échauffement de l'eau, on doit réduire la résistance électrique du voltamètre, c'est-à-dire employer des électrodes très rapprochées et de très grande surface.

Un physicien russe, M. Latchinov, avait déjà réalisé cette application il y a quelques années ; mais M. le commandant Renard a créé un appareil vraiment industriel, et dans une conférence faite le 5 décembre 1890 à la Société française de physique, il a indiqué les éléments ci-après sur lesquels repose le succès pratique de l'électrolyse.

1° Rapprochement des électrodes.

Cette condition oblige à employer une cloison poreuse qui permette le passage facile du courant tout en empêchant celui des gaz dégagés, et par suite leur mélange, le-

quel est fort dangereux par ses propriétés explosives. La porcelaine non vernissée est trop fragile et trop résistante au passage du courant, on y a vite renoncé.

La toile d'amiante donne, au contraire, des résultats excellents. Elle diminue très peu la conductibilité électrique du liquide, et elle offre au passage du gaz une résistance qui fait équilibre à la pression de 3 à 4 cm d'eau.

2° Augmentation de surfaces des électrodes et emploi d'une solution alcaline.

Dans les voltamètres de laboratoire, le liquide est de l'eau acidulée d'acide sulfurique. Avec ce liquide, l'oxygène dégagé est fortement ozonisé et attaque vivement la plupart des corps, ce qui oblige à l'emploi d'électrodes en platine, métal fort coûteux. Les métaux communs seraient tous attaqués, ainsi que le charbon.

Si, au contraire, on recourt à une dissolution de soude caustique (la proportion qui donne le maximum de conductibilité est de 27 de soude pour 100 d'eau), l'oxygène est dépourvu d'ozone et cesse d'attaquer les métaux ; on peut recourir au plus commun de tous, au fer ordinaire, ce qui simplifie considérablement la construction du voltamètre.

Il se compose de deux tuyaux cylindriques en tôle de fer, renfermés l'un dans l'autre. Le tube intérieur, enveloppé d'un sac en toile d'amiante et percé de trous à sa partie inférieure, forme l'électrode positive et c'est lui qui recueille l'oxygène.

Le tube extérieur a une longueur de 3,4 m et un diamètre de 0,3 m ; la surface d'amiante est de 2 m^2.

L'hydrogène qui se dégage sur la paroi interne du tube extérieur se rassemble de son côté dans l'intervalle annulaire des deux tubes. Des tubes conduisent les gaz à un compensateur de pressions, système de deux vases communicants dans lesquels ces tuyaux descendent à la même hauteur.

La force électromotrice nécessaire pour la décomposi-

tion de l'eau est $e = 1,5$ volt environ. Si le courant a une intensité i, la différence de potentiel effective sera $e + ri$ et le rendement $\frac{e}{e + ri}$. Ce rendement diminue donc rapidement à mesure que la production, qui est proportionnelle à i, augmente. Pratiquement il convient de maintenir la différence de potentiel entre 2,5 et 3 volts.

Différence de potentiel	2,5	2,7	3 volts.
Intensité	200	365	535 ampères.
Volume d'H par heure	84	158	232 litres.
Nombre de voltamètres pour produire 10 m³ à l'heure. . .	119	63	43
Travail électrique par seconde .	500	985	1 605 watts.
Travail pour 1 m³ par seconde.	7,52	8,46	9,4 chev.

Pour une différence de potentiel de 2,7 volts, le rendement est $\frac{1,5}{2,7} = 0,55$.

On obtient une production de 1,5 m³ de gaz (1 m³ d'hydrogène et 0,5 m³ d'oxygène) avec une dépense de 10 kg de charbon, soit à Paris 0,24 fr. Le mètre cube de gaz oxygène ou hydrogène revient ainsi à 0,16 fr.

L'hydrogène électrolytique est très pur, et présente par m³ une force ascensionnelle supérieure de 0,1 kg à celle de l'hydrogène obtenue par le zinc ou le fer en présence d'acide sulfurique étendu.

En outre, il est exempt des dangers que présente celui obtenu au moyen de l'acide sulfurique ou chlorhydrique et du zinc.

L'acide sulfurique est produit aujourd'hui par la combustion de pyrites renfermant de l'arsenic qui s'oxyde et passe à l'état d'acide arsénique dans le liquide. Lorsqu'on fait agir cet acide sur le sel marin, l'arsenic distille à l'état de chlorure et se retrouve dans l'acide chlorhydrique produit. Quant au zinc du commerce, il renferme aussi de l'arsenic.

Ces impuretés ont sans doute pour effet de rendre le

dégagement gazeux plus rapide ; mais elles ont l'inconvénient de donner naissance à de l'hydrogène arsénié, que son odeur nauséabonde fait reconnaître aisément. Or ce gaz est un des poisons les plus terribles qui existent : à dose très faible, il produit la mort après des souffrances qui durent plusieurs jours, ainsi que l'ont montré des accidents trop nombreux, observés jusqu'à présent dans les locaux fermés. Les symptômes caractéristiques de l'empoisonnement sont : coloration jaune, urines rares et sanguinolentes, vomissements fréquents, céphalalgie persistante, pouls petit, respiration difficile.

Un double empoisonnement ayant pour origine le même ballon, nous est signalé par le recueil *la Médecine moderne* ; il montre que ces accidents sont à redouter, même en plein air.

Le 29 juin 1890, à 7 heures du soir, un ballon de 180 m³ était gonflé aux Buttes-Chaumont, à Paris, au moyen d'hydrogène résultant de l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc. Par suite d'imprudence ou de défaut de construction, la nacelle se trouva trop rapprochée de l'appendice du ballon, et l'aéronaute, O., (22 ans), qui était de très haute taille, se trouva plongé dans le jet de gaz pendant les 25 minutes que dura l'ascension.

La descente eut lieu à Noisy-le-Sec. Un nommé L... (26 ans), qui travaillait dans un champ, aida à l'atterrissage en saisissant le guide-rope. Dans cette manœuvre, il se trouva pris sous le ballon et respira pendant quelques instants le gaz qui s'échappait.

Le même soir, l'un et l'autre rentrent séparément à Paris. Ils éprouvent une indisposition qui s'aggrave progressivement, avec les symptômes indiqués plus haut : finalement, O... succombe le 5 juillet, et L... 2 jours après.

Ce fait mérite l'attention des aérostiers militaires. Ils feront bien de prendre des précautions pour éviter de respirer le gaz, tant que l'on n'emploiera pas pour le gon-

flement de l'hydrogène chimiquement pur tel qu'il est fourni par l'électrolyse de l'eau. L. B.

Lancement d'un pont sur une rivière à marée.

Aux grandes manœuvres du 11e corps, en 1890, la 6e compagnie du 2e régiment de pontonniers a eu à jeter un pont sur la Vilaine avec un matériel d'équipage. Ce qui rendait le travail particulièrement délicat, c'était la marée qui élevait le niveau des eaux de 3 m environ.

A ce moment, la largeur de la rivière était de 64 m ; à marée haute, elle atteignait 110 m environ. Il a fallu raccorder le milieu du pont avec les rives au moyen de chevalets à chapeau mobile et facile à déplacer. La nature vaseuse du sol créait de nouvelles difficultés.

Le dispositif de raccordement, dont nous empruntons la description à la *Revue d'artillerie,* comprenait sur l'une des rives :

1° Un 1er corps mort ordinaire ;

2° Un 2e corps mort reposant sur 3 madriers en travers, soutenu par des piquets enfoncés dans la vase, et retenu par des amarres à d'autres piquets enfoncés sur le sol ferme ;

3° 3 chevalets dont le chapeau était mobile, et susceptible d'être élevé ou abaissé. Dans ce mouvement, les pieds devaient pouvoir glisser sur le fond. A cet effet, on

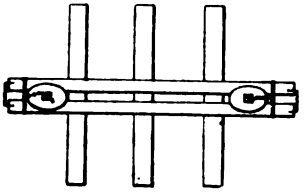


Fig. 1. — Disposition des supports de pieds de chevalets.

fit porter leurs semelles sur deux glissières constituées par 2 poutrelles de culée, laissant entre elles la largeur

du pied, et clameaudées ensemble aux deux extrémités. Deux commandes lâches reliaient les poutrelles formant la glissière aux semelles, et laissaient à celles-ci le jeu nécessaire. Tout le système reposait sur 3 madriers en travers ;

4° Un bateau avec chapeau exhaussé de l'épaisseur de deux poutrelles.

Sur l'autre rive, la disposition était sensiblement la même.

La rampe de raccordement avait, au moment de la marée basse, une pente de 1/8 que les voitures franchirent sans difficulté, une fois les madriers recouverts de sable.

L. B.

Russie : Construction militaire d'une voie ferrée.

Aux grandes manœuvres de 1890 en Volhynie, les 3e, 4e et 6e bataillons de chemins de fer ont construit en 18 jours une voie ferrée de de 12 800 m de longueur, plus 3 180 m de branchement de gare, entre Kiverzi et Loutsk, sur le réseau sud-ouest.

Les conditions d'établissement de la voie étaient les mêmes que pour les chemins de fer normaux, au point de vue de la largeur, des pentes (maximum 0,008), de la résistance des ponceaux, etc.

Ce chemin de fer traverse entre autres une forêt épaisse sur 4 200 m, un marais tourbeux sur 318 m, et trois ponceaux en bois, de 6,50 m de longueur moyenne.

Le 13 août, les 3e et 4e bataillons, comprenant 1 400 hommes et 30 officiers, entreprirent les travaux de terrassement (13 000 sagènes cubes = 120 000 m³) sur toute la longueur, ainsi que la pose de la ligne télégraphique.

Le travail eut lieu généralement de jour, à part 3 séances de nuit.

On eut recours à des terrassiers civils pour la traversée du marais dans lequel on avait de l'eau jusqu'au genou.

La pose des rails fut entreprise dans trois directions à à la fois, à Kiverzi et en un point intermédiaire.

Dix-huit jours plus tard, la voie était terminée. Le premier train la parcourait le 20 août (1er septembre) ; le surlendemain, le grand-duc Nicolas, inspecteur général du génie, en faisait l'inauguration, et le 8/20 septembre la voie était livrée à la Compagnie. L. B.

Allemagne : Expériences de tir contre des cuirasses.

L'usine Krupp a fait, en septembre 1889, des expériences de tir avec un canon court (obusier), dont les éléments sont les suivants :

Diamètre	28,55 cm.
Longueur d'âme	2,85 m.
Poids sans affût.	11 tonnes.
Poids avec affût	25 —

On se proposait de déterminer les éléments nécessaires à la construction des tables de tir ; mais l'on a profité de cette circonstance pour étudier les effets produits par le projectile sur des cuirasses de constitution analogue à celle d'un pont de navire. Nous ne nous occuperons que des résultats obtenus à ce dernier point de vue.

La plaque cuirassée avait une longueur de 16 m, une largeur de 4 m, et se composait de 4 tôles d'acier superposées, savoir :

3 tôles de 25,3 mm.	76 mm.
1 tôle de 13 mm	13 —
Épaisseur totale	89 mm.

Ces tôles étaient assemblées à l'aide de 7 files de rivets et fixées sur un matelas en bois.

L'acier avait une résistance à la rupture par traction de 40,9 à 47,2 kg par mm², une limite d'élasticité de 22 kg par mm² et un allongement de 20 p. 100 (sur une éprouvette de 203 mm de longueur).

Première série.

On commença par tirer à 50 m de distance sur la cible inclinée à 45°.

Les projectiles étaient des obus en acier de 3,7 calibres, pesant 300 kg.

1er coup (n° 188 de la série générale). — Charge, 11 kg; vitesse initiale, 189 m.

Le projectile traverse la cible de 89 mm et sans détérioration.

2e coup (n° 189). — Charge, 10 kg; vitesse initiale, 177 m. Même observation.

3e coup (n° 230). — Charge, 14,4 kg; vitesse initiale, 222 m.

Il traverse la plaque de 214 mm; le métal de celle-ci est déchiré au-dessus du trou; le projectile n'est pas détérioré.

4e coup (n° 253). — Charge, 13 kg; vitesse initiale, 208 m.

Le projectile traverse la plaque sans détérioration; mais ensuite il rencontre un fragment de plaque en acier contre lequel il vient se briser.

Deuxième série.

On tira ensuite à 3 540 m de distance contre la plaque placée horizontalement sur un bâti en bois, à 1,60 m au-dessus du sol.

On l'atteignit deux fois seulement sur 46 coups.

1er coup. — Le tir avait lieu dans l'angle de 45°; le projectile frappa la cible sous un angle de 46°30′, avec une vitesse d'arrivée de 186 m.

La cible fut traversée; en outre, elle subit en son milieu une courbure de 40 mm de flèche, et les pièces qui la reliaient au support en bois souffrirent notablement.

L'obus détérioré s'enfonça de 1,50 m dans le sol.

2e coup. — L'angle de tir était 65°, l'angle de chute 66° et la vitesse d'arrivée 229 m.

La plaque fut encore traversée ; sa courbure fut portée à 90 mm et les pièces de fixation au bâti en bois furent fortement endommagées.

Le projectile ne subit aucune détérioration et s'enfonça de 1,10 m dans le sol. (D'après la *Deutsche Heeres-Zeitung*.)

Autriche-Hongrie. Démolition d'un mur d'escarpe au moyen de la dynamite.

Un bataillon du 1er régiment du génie autrichien a été chargé de démolir, en 1889, une longueur d'environ 70 m de l'escarpe de l'ancienne enceinte de Prague. Comme cette maçonnerie était fort résistante, il a fallu recourir à l'emploi de la dynamite, sans cependant employer de trop grosses charges, en raison du voisinage des maisons qui

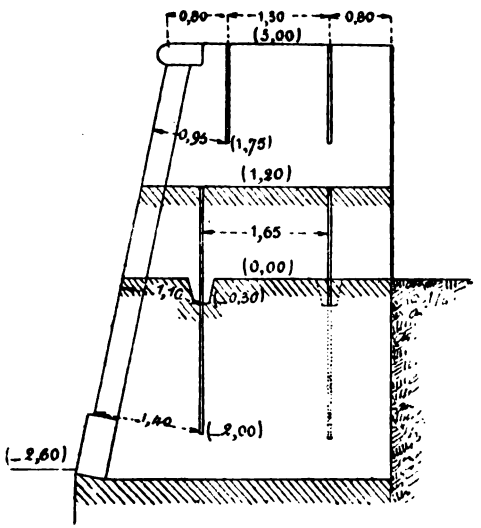


Fig. 1. — Coupe verticale du mur et disposition des pétards $\left(\frac{1}{100}\right)$

englobent cette portion d'enceinte. On se proposait d'ailleurs d'utiliser les pierres provenant de la démolition.

On dut ainsi se borner à disloquer la maçonnerie, de façon à faciliter le travail ultérieur des ouvriers.

On employa en conséquence des pétards verticaux chargés au 1/6 seulement de leur longueur, et disposés en 3 étages successifs.

La longueur de ces pétards variait entre 1 m et 2 m, selon l'épaisseur de la partie correspondante du mur ; il en résulta, d'après la condition ci-dessus, des charges de 100 à 350 gr de dynamite n° 1.

La figure 1 montre le profil d'une portion du mur dans laquelle l'épaisseur était la plus forte ; elle indique aussi la disposition des pétards et l'effet produit par chaque série.

Le volume de la maçonnerie s'élevait à 756 m³ ; il a fallu pour la démolir 1 074 heures de travail de mineur et 29,35 kg de dynamite. A cela il faut ajouter 315 journées de manœuvres pour déblayer la maçonnerie disloquée par les explosions.

En raison de la dureté de la maçonnerie, on a réalisé une économie de 27 p. 100 sur la dépense qu'aurait entraînée la démolition faite entièrement à la main.

(D'après les *Mittheilungen*.)

Absorption de l'oxyde de carbone par la terre.

Parmi les gaz résultant de la combustion ou de la détonation des explosifs, le plus dangereux est certainement l'oxyde de carbone, en raison de son manque d'odeur et de son degré de toxicité si prononcé, qui lui permet de produire l'asphyxie à des doses avec lesquelles la combustion d'une bougie reste encore facile.

Des accidents survenus à diverses reprises avaient fait craindre que la terre ne possédât un pouvoir absorbant plus considérable pour ce gaz que pour les autres, ce qui aurait expliqué les asphyxies produites après une première ventilation.

M. Berthelot a étudié récemment [1] cette question. Il a

1. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, 27 septembre 1890.

comparé les volumes d'air et d'oxyde de carbone renfermés dans un volume déterminé. A cet effet, il introduisait dans un ballon un échantillon de cette terre, y faisait entrer le gaz expérimenté, puis il produisait le vide avec une trompe à mercure, ce qui lui permettait de recueillir ce gaz, de le mesurer et de l'analyser.

Ce savant a constaté ainsi que les volumes emprisonnés par la terre étaient les mêmes pour les deux gaz, et sensiblement égaux, pour l'échantillon essayé (terre argileuse, desséchée à l'air libre), à 559 l par m³.

L. B.

Applications du liège dans les constructions.

Le liège, grâce à ses deux propriétés bien connues (légèreté extrême, mauvaise conductibilité du son et de la chaleur), est susceptible de recevoir dans les constructions un certain nombre d'applications sur lesquelles il semble bon d'appeler l'attention des officiers du génie.

Jusqu'à ces dernières années, le liège n'était employé dans les constructions qu'à l'état naturel en feuilles ou en tranches de 0,0005 à 0,025 m d'épaisseur. On l'utilisait à peu près uniquement, comme isolant du froid et de la chaleur, pour le revêtement des chaudières et des tuyaux de vapeur.

Il faut signaler cependant l'emploi vers 1879 du liège naturel pour former un lattis jointif sous des combles aménagés en bureaux (Compagnie de P.-L.-M.); les enduits en plâtre faits sur ce lattis ont parfaitement tenu et les résultats obtenus au point de vue de l'isolement ont été des meilleurs. Le prix de revient d'un lattis jointif en liège avec un enduit en plâtre par-dessus serait d'environ 7 fr le m².

On a utilisé plus récemment le liège à la confection de parquets (poudrerie de Saint-Médard, 1889) ; ces parquets sont formés de lames d'environ 0,25 m de longueur, 0,06 m

de largeur et 0,01 m d'épaisseur posées au-dessus d'une aire en asphalte au moyen d'une colle spéciale ; ils présentent une élasticité notable et semblent convenir dans tous les ateliers destinés à la manutention ou au dépôt de matières explosives et sensibles au choc. Les parquets de liège sont à proscrire des pièces renfermant des objets lourds et fréquemment déplacés, car le contact et le frottement des corps durs usent rapidement les lames. Pour obtenir un bon parquet, il faut d'ailleurs que les lames soient d'un grain fin et homogène et qu'elles soient dépourvues de parties dures ; la pose demande aussi des soins minutieux.

Le prix de revient de ces parquets à la poudrerie de Saint-Médard a été d'environ 17 fr le m².

Le prix élevé du liège naturel ne permettant pas d'étendre ses applications, on a été conduit à utiliser tous les déchets provenant des divers produits de cette substance que l'on trouve dans l'industrie et notamment ceux de la fabrication des bouchons.

On obtient, en agglomérant des grains de liège de divers échantillons avec un mortier dont la composition n'est pas indiquée par les fabricants, des briques, carreaux, panneaux analogues de formes et de dimensions aux produits fournis par les briqueteries.

Les agglomérés de liège sont surtout utilisés pour éviter les déperditions de chaleur dans les chaudières et aussi dans les brasseries et glacières pour obtenir des chambres à température uniforme. Dans ce dernier cas, les briques sont employées soit pour former voûtins entre les solives, soit comme revêtement contre les murs ; les carreaux s'emploient pour constituer matelas isolant dans l'épaisseur des planchers.

Les briques de liège servent encore à obtenir à l'intérieur des habitations des cloisons légères et insonores ; elles peuvent être utilisées pour former des murettes extérieures isolantes du froid et de la chaleur, et dans les

constructions légères (baraques, ateliers, etc.), on ne peut qu'obtenir de bons résultats de leur emploi comme remplissage entre les montants.

Les carreaux de liège s'emploient dans les combles à la façon d'un lattis jointif ; ils sont cloués sur la face interne des chevrons et recouverts ensuite d'un enduit en plâtre. Une épaisseur de 0,03 m semble suffisante pour mettre ces locaux à l'abri des influences de la température extérieure. Le prix de revient, y compris l'enduit, serait d'environ 5 fr le m².

Les carreaux de liège pourraient sans doute être aussi utilisés pour l'assainissement des casemates-logements de la fortification. Les carreaux seraient scellés au mortier de chaux hydraulique ou de ciment contre la paroi de la maçonnerie (les rugosités de leur surface ne peuvent que déterminer une grande adhérence). Dans les casemates très humides, il y aurait sans doute intérêt à employer les carreaux dits « asphaltés », dont la surface est enduite de goudron.

L'industrie livre aussi les agglomérés de liège en panneaux de forme cylindrique qui sont utilisés pour revêtir les tuyaux de chaleur dans les installations de calorifères.

La confection de tous ces produits a lieu tout simplement en mélangeant sur une aire les grains de liège, soit avec un mortier de chaux de composition spéciale[1], soit avec du plâtre additionné de substances destinées à retarder sa prise et à augmenter son adhérence avec le liège[2] ; le béton ainsi obtenu est ensuite comprimé à la main ou à la machine dans un moule de forme convenable.

En employant des grains assez gros on obtient un béton qu'on utilise pour constituer le hourdis des planchers. Ce hourdis recouvert d'une chape en plâtre semble pouvoir remplacer avec avantage le hourdis ordinaire en plâtras, car, sans parler de ses propriétés isolantes et insonores,

1. Procédé de M. Garnot, 66, boulevard Lamouroux, à Vitry (Seine).
2. Procédé de la Société « la Subérine », 8, boulevard Vaugirard, Paris.

sa légèreté [1] diminue très sensiblement le poids mort du plancher, et permet par suite de réduire en conséquence l'équarrissage des solives. La diminution de dépense qui résulte de cette réduction compense à peu près la plus-value du béton de liège [2].

Enfin on signalera comme dernière application du liège l'emploi des peintures isolantes obtenues en projetant des grains de liège sur une couche de peinture de composition spéciale.

Ces peintures s'emploient surtout sur les surfaces métalliques et l'usage en est très répandu dans la marine française : la plupart des cloisons métalliques des navires sont revêtues de peintures isolantes au liège ou à la sciure de bois.

On donne ci-après la composition et le mode d'application d'une peinture dite « liégine », récemment employée par le service du génie pour éviter les condensations d'eau à l'intérieur d'un local à parois métalliques et des peintures isolantes employées par la marine.

a) *Mode d'emploi de la liégine.*

1° Appliquer sur la surface *bien sèche* par parties de 1 m² une couche d'enduit n° 3 et sur cet enduit (*avant qu'il soit sec*) projeter à l'aide d'un soufflet du liège fin n° 60. On a soin de recueillir sur une toile le liège qui tombe.

2° Sur cette couche *complètement sèche* appliquer de la même façon une couche d'enduit n° 4 et projeter ensuite à la main du liège gros n° 12 *bis*.

3° Par-dessus, étendre un vernis de façon à recouvrir toutes les aspérités du liège et à obtenir une surface uniformément blanche. Il faut avoir soin de brosser soigneu-

1. La densité du béton de liège est environ le quart de celle du hourdis en plâtras.

2. Les prospectus de la Société « la Subérine » fixent à 3,10 fr le prix de revient du hourdis de liège sur 0,10 m d'épaisseur, main-d'œuvre comprise.

sement les enduits avant de s'en servir et de maintenir fermés les vases qui les contiennent.

Prix de revient par m².

1re couche .	Enduit n° 3 (210 gr.)	fr. 1,30
	Liège fin n° 60 (80 gr.)	
2e couche .	Enduit n° 4 (1 100 gr.).	1,50
	Liège gros n° 12 *bis* (100 grammes) . .	
3e couche .	Vernis	1,50
Emballage et transport.		0,45
	Total des fournitures	fr. 4,75

Main-d'œuvre : 3h5m d'ouvrier peintre.

b) *Mode d'emploi de la peinture au liège dans la marine française.*

1° Appliquer une couche de minium à l'huile et laisser sécher ;

2° Recouvrir d'une première couche de peinture composée de :

Minium en poudre	kg 0,500	La peinture est étendue par parties de 1 m² environ.
Peinture délayée blanche.	0,200	
Pâte d'ocre jaune.	0,200	
Essence de térébenthine	0,050	
Siccatif en poudre	0,050	
Total . . .	kg 1,000	

3° Jeter à la main sur cette *peinture fraîche* du liège à gros grains jusqu'à ce que la surface soit couverte le plus régulièrement possible, puis laisser sécher ;

4° Appliquer une deuxième couche de la même peinture rendue liquide avec de l'essence de térébenthine et projeter du liège d'un grain plus fin, puis laisser sécher ;

5° Passer par-dessus le liège une couche de peinture ordinaire de la couleur voulue.

c) *Mode d'emploi de la peinture à la sciure de bois dans la marine française.*

1° Appliquer une couche de minium à l'huile de lin et laisser sécher ;

2° Appliquer une seconde couche de même peinture rendue plus épaisse ;

3° Étendre sur cette peinture *fraîche* un enduit de sciure de bois et de graine de lin composé, pour 1 kg, de :

Graine de lin en poudre . . kg	0,080
Sciure de bois (chêne ou sapin)	0,120
Huile lithargirée	0,100
Huile de lin	0,180
Eau bouillante	0,450
Litharge brute	0,035
Alun	0,035
Total . . kg	1,000

Aluner d'abord la sciure de bois et faire sécher pendant 24 heures avant de mélanger les éléments.

L'enduit s'applique avec des couteaux d'enduiseur en acier et des couteaux à reboucher également en acier.

On laisse sécher.

4° Étendre une nouvelle couche de même composition et laisser sécher ;

5° Passer par-dessus une couche de peinture ordinaire de la couleur voulue.

Les prix de revient par m² de ces deux peintures sont établis comme il suit pour le port de Brest :

PEINTURE AU LIÈGE.		PEINTURE A LA SCIURE DE BOIS.	
Couche de minium à l'huile, kg. 0,300 à fr. 0,75. . .	0,23	1re couche de minium (même détail)	0,23
1re couche de peinture, kg. 0,200 à fr. 0,76. . .	0,15	2e couche, kg. 0,200 à fr. 0,75	0,15
Liège gros grains, kg. 0,050 à fr. 0,65	0,03	1re couche enduit (sciure de bois), kg. 0,600 à fr. 0,52.	0,31
2e couche de peinture, kg. 1,250 à fr. 0,76. . .	0,95	2e couche enduit, kg. 0,200 à fr. 0,52.	0,10
Liège grains fins, kg. 0,030 à fr. 0,085.	0,025		
Total des fournitures. fr.	1,385	Total des fournitures . . fr.	0,79

Main-d'œuvre pour les deux peintures : 3 heures d'ouvrier peintre.

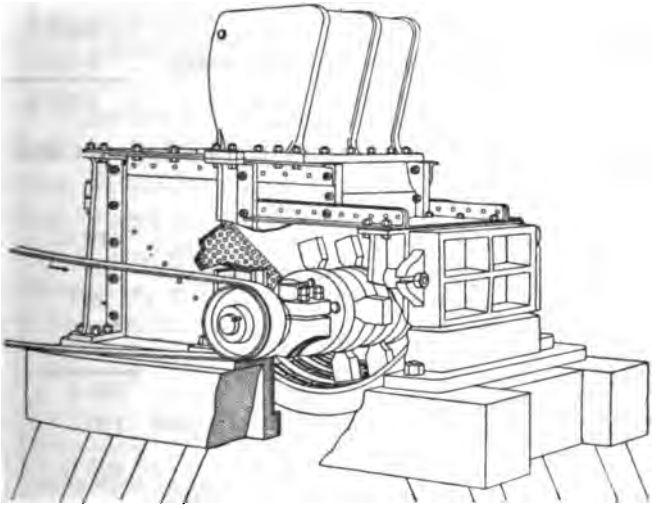
L. P.

Sable obtenu artificiellement.

Dans les places où le sable est cher par suite de l'éloignement des carrières, de la difficulté d'accès des chantiers, ou de toute autre cause, il peut être avantageux de l'obtenir artificiellement, par broyage des pierres que l'on trouve plus facilement, quelquefois même dans les déblais.

Tel est le cas qui s'est présenté dans des travaux récents exécutés à Besançon, où le prix du sable, formé de parties égales de fin et de gros, s'élève à 11 fr le mètre cube.

L'entrepreneur a été autorisé à transformer en sable des pierres (calcaire oolithique et à entroques).



Broyeur Loiseau. — Vue perspective.

Il a employé à cet effet le broyeur Loiseau. Cet appareil, représenté ci-dessus, consiste essentiellement en un arbre autour duquel sont articulés 8 marteaux d'acier, et qui est animé d'une grande vitesse, 1000 tours par minute; les marteaux viennent frapper les pierres que l'on déverse par une trémie, et les brisent.

Deux cribles laissent passer les morceaux assez petits, et retiennent les autres qui reçoivent de nouveaux chocs, et ainsi de suite.

Lorsque les pierres résistent au choc, le marteau cède, pour se redresser de suite sous l'influence de la force centrifuge, dès que l'obstacle a été dépassé.

Dans l'appareil employé (modèle E, marteaux de 1,5 kg), la vitesse du broyeur était de 1 000 tours par minute.

Il était actionné par une locomobile de 3 à 4 chevaux, tournant à 180 tours par minute.

La quantité de sable s'élevait par journée à 8 m³.

Les frais d'acquisition étaient les suivants :

Prix de la locomobile.	3 000 fr.
Prix du broyeur granulateur avec accessoires . .	3 000
Total	6 000 fr.

Les frais afférents à un travail de 15 jours sont détaillés ci-après :

Charbon	10 fr.
Mécanicien et entretien des machines . .	10
Frais de manipulation.	15
	35 fr.
Soit pour 15 jours	525 fr.
Frais de transport de matériel (aller et retour)	100
Total	625 fr.

Pour 12 chantiers : 625 × 12 = 7 500 fr.

La production de sable dans les 15 jours s'est élevée à 1 440 m³ qui ont été payés à l'entrepreneur 1 440 × 11 = 15 840 fr.

La différence avec le prix de revient est ainsi 15 840 — 7 500 = 8 340 fr.

Si donc l'outillage n'eût pas déjà appartenu à l'entrepreneur, il eût été payé et au delà par le bénéfice réalisé.

Quant à la valeur du sable ainsi obtenu, elle résulte des expériences comparatives suivantes faites sur la résistance de briquettes à la rupture par arrachement après 3 mois de prise.

	RÉSISTANCE PAR CM².	
	CHAUX de Bourgogne. kg.	CHAUX de Besançon. kg.
Sable granulé	6,70	5,50
Sable de rivière	3,40	2,90

Aussi la résistance obtenue avec le sable granulé était environ deux fois plus grande qu'avec le sable de rivière.

Pour des travaux importants, on pourrait employer un broyeur-granulateur du même système, mais de force plus grande, tel que le modèle C qui renferme 8 marteaux de 10 kg, et peut produire 40 m³ de sable par jour avec un travail moteur de 8 chevaux-vapeur [1].

En résumé, le broyeur à sable est un appareil qui mérite d'être recommandé sur les chantiers.

A. ALLARD,
Capitaine du génie.

Influence de la grosseur du sable sur la résistance du mortier de ciment.

Le tableau ci-après résume les résultats des essais faits par le service des travaux de la ville de Paris sur divers échantillons de mortier de ciment composé de 1 par-

1. Il est clair, d'ailleurs, que l'on peut substituer au calcaire d'autres matériaux, par exemple des briques de rebut, des incuits de chaux hydraulique, etc., qui auraient en outre l'avantage d'augmenter les propriétés hydrauliques des mortiers.

tie de ciment et de 4 parties de sable de nature variable avec chaque échantillon.

DÉSIGNATION des SABLES [1].	RÉSISTANCE A LA TRACTION PAR CM² à 10 jours.	à 20 jours.	à 30 jours.	VIDES du SABLE p. 100.	DATE du MOULAGE.
Sable passant au tamis de 342 mailles par cm² .	1,7	2,00	2,25	39	25 mai 1888.
Sable passant au tamis de 90 mailles et restant sur tamis de 342 mailles.	1,9	2,30	2,75	42	
Sable passant au tamis de 25 mailles et restant sur tamis de 90 mailles .	1,95	2,60	2,87	43	
Sable passant au tamis de 9 mailles et restant sur tamis de 25 mailles .	2,6	3,20	3,75	44	
Sable passant au tamis de 1 maille et restant sur tamis de 9 mailles . .	3,00	4,20	5,00	44	
Mélange par parties égales des 5 sables ci-dessus	4,4	5,65	7,30	29	
Sable tout-venant . . .	9,81	11,37	10,74	26	11 sept. 1885.

1 Sable de Juvisy provenant des berges de la Seine.

On peut en tirer les conclusions suivantes :

1° Les mortiers fabriqués avec des sables calibrés sont d'autant plus résistants que le sable est plus gros ;

2° Les mortiers fabriqués avec des sables mélangés (gros et fins) donnent des résistances supérieures à celles obtenues avec les sables calibrés et d'autant plus grande que le vide du sable est plus faible.

L'examen de la composition de deux échantillons de mortier au dosage de 1/4 (1 de ciment pour 4 de sable) fabriqués avec du sable gros et avec du sable fin donne lieu aux remarques suivantes :

	SABLE.	CIMENT.	EAU.	VIDE du SABLE.	VIDE du mortier après évaporation de l'eau de gâchage.
	m³.	m³.	m³.	p. 100.	p. 100.
Mortier de sable gros (1 m³)					
Sable passant au tamis de 1 maille par cm² et restant sur tamis de 9 mailles par cm².	1,000	0,250	0,200	35	10
Mortier de sable fin (1 m³).					
Sable passant au tamis de 342 mailles	0,875	0,220	0,400	32	22,5

1° Dans 1 m³ de mortier de sable gros. Rapport $\frac{\text{Ciment}}{\text{Mortier}} = \frac{0.250}{1,000} = 25$ p. 100

Dans 1 m³ — fin, $= \frac{0,220}{1,000} = 22$ p. 100

2° Dans 1 m³ de mortier de sable gros. Vide du mortier = 0,100 ou 10 p. 100

Dans 1 m³ — fin — = 0,225 ou 22,5 p. 100

Ces résultats expliquent l'infériorité du sable fin dans les mortiers;

3° La quantité d'eau à employer pour le gâchage du mortier est d'autant plus grande que le sable est plus fin. Ce qui s'explique en remarquant que la pâte d'agrégation (ciment et eau) qui, dans tout mortier bien fait, enveloppe tous les grains de sable, doit être d'autant plus étendue que la surface des grains est plus considérable; il faut donc d'autant plus d'eau que le sable est plus fin.

M. Journet, ingénieur des ponts et chaussées, donne d'ailleurs l'explication suivante de la résistance des mortiers:

La résistance d'un mortier se compose des résistances propres du sable et de la matière d'agrégation. La résistance propre du sable de bonne qualité est supérieure à celle du ciment, même après prise complète, et par suite en admettant la présence d'une quantité de matière d'agrégation suffisante pour assurer l'adhérence des grains de

sable, on voit que la résistance d'une tranche faite dans une briquette de mortier sera d'autant plus forte qu'elle contiendra plus de sable et moins de vide. Il faut donc pour le maximum de résistance : maximum de sable et minimum de vide.

(*Nouvelles Annales de la construction.*)

Installation mixte d'éclairage électrique et de chauffage à la vapeur.

Il est clair que l'emploi de l'éclairage électrique devient notablement plus économique lorsqu'il est possible d'utiliser pendant le jour les moteurs à d'autres applications, les frais d'amortissement et de surveillance sont alors répartis sur un chiffre plus considérable d'affaires.

C'est précisément le cas qui s'est présenté en Autriche à la cartoucherie de Wiener-Neustadt, où une même machine à vapeur fournit dans le jour, en hiver, la vapeur pour chauffer les ateliers, le matin et le soir la lumière pour les éclairer, et enfin, en tout temps, la force motrice qui actionne les outils, laquelle s'élève à 3 chevaux-vapeur.

L'éclairage est assuré par 111 lampes à incandescence de 100 volts et 18 bougies pour l'intérieur, et 2 lampes à arc de 800 à 1 000 bougies (9 ampères) pour l'extérieur. Chaque table est éclairée comme par 8 à 10 bougies placées à 1 m de distance.

La dynamo marche à 700 tours par minute, à 110 volts et 96 ampères (14 chevaux).

Le chauffage est appliqué à 7 pièces d'une capacité totale de 3 394 m^3, et dont la déperdition par les rayonnements extérieurs est de 5 600 calories environ. Chaque kilogramme de vapeur pouvant par sa condensation fournir 540 calories environ, la consommation de vapeur est de 105 kg par heure, soit 115 en tenant compte des

pertes. Cela ne représente guère qu'un septième de la production de la chaudière du moteur, laquelle a 24 m² de surface de chauffe.

La pression normale dans la chaudière est de 5 kg par centimètre carré: un détendeur permet de faire varier à volonté celle dans la conduite de chauffage. Le matin, avant le travail, on commence par envoyer de la vapeur à pleine pression, ce qui amène au bout de 1 heure à 1 heure et demie la température des locaux à 15°. A partir de ce moment il suffit d'entretenir dans la conduite une pression de 1 kg au plus.

En été on n'a besoin que de 3 chevaux-vapeur pour les machines. Comme un moteur de 16 chevaux fonctionnerait peu économiquement dans ces conditions, on en a installé un de 4 chevaux qui sert au besoin de renfort pour la saison d'hiver.

L'installation[1] a donné d'excellents résultats; elle a fait disparaître les dangers d'incendie et d'explosion qu'entraînait l'emploi des anciens poêles en faïence, accéléré le chauffage qui demandait 4 ou 5 heures pour sa mise en train; et enfin la régularité de la température ainsi obtenue a assuré celle de l'état hygrométrique de l'air des pièces, et par suite celle des cartouches confectionnées.

(D'après les *Mittheilungen.*)

Les alliages légers d'aluminium.

L'aluminium possède, comme on le sait, une propriété précieuse : celle de la légèreté. Mais il a une résistance relativement faible qui limite ses applications. On peut, en le mélangeant avec d'autres métaux, augmenter notablement cette résistance, ainsi que l'indiquent les chiffres ci-après, fournis par M. le capitaine du génie L. Jullien[2].

1. On en trouvera les détails dans les *Mitth. ü. Geg. d. A. u. G.-W.*
2. *Revue de l'aéronautique,* 1890.

TABLEAU.

COMPOSITION			DENSITÉ.	RÉSISTANCE A LA TRACTION kg par mm².	ALLONGEMENT P. 100.	OBSERVATIONS.
ALUMINIUM.	CUIVRE.	ARGENT.				
100	0	0	2,67	11,7	19	Recuit.
100	0	0	2,67	18,7	3	Écroui.
98	2	0	2,71	30,7	3	Écroui.
96	4	0	2,77	31,1	3	Écroui.
94	6	0	2,82	38,6	3	Le laminage demande des précautions.
92	8	0	2,86	35,5	3	Difficile à travailler.
95	0	5	2,79	16,0	6	Recuit.
95	0	5	2,79	24,0	3	Écroui.
90	0	10	2,90	31,0	3	Écroui.

Le coefficient d'élasticité de l'aluminium pur est 7200 (kg par mm²), et celui des divers alliages étudiés d'environ 8000.

Il résulte des chiffres ci-dessus qu'il est possible d'obtenir des alliages d'aluminium et de cuivre aussi résistants que le bronze sous un poids trois fois moindre.

Si l'on tient compte de ce que, par les nouveaux procédés électriques de fabrication, le prix de revient de l'aluminium est déjà descendu à 10 fr, et paraît pouvoir être abaissé à près de 3 fr le kg, on voit qu'un grand avenir lui est ouvert dans toutes les constructions qui exigent de la légèreté. En se plaçant au point de vue militaire, on peut citer au premier rang les aérostats et leurs accessoires, puis certaines parties de l'outillage de campagne, instruments de reconnaissance, lunettes, fils télégraphiques et téléphoniques, cartouches, etc. L. B.

TENUE DES OFFICIERS ET ADJOINTS DU GÉNIE[1].

	EFFETS D'UNIFORME.	OBSERVATIONS.
EFFETS OBLIGATOIRES.	Dolman. . . . Avec brides d'épaule en poil de chèvre	Description du 26 janvier 1884. Décision du 6 décembre 1889 supprimant les marques distinctives pour les emplois spéciaux, mais en autorisant l'usage jusqu'au 1er janvier 1892. Note du 16 mai 1886.
	Dolman. . . . Avec brides d'épaule en or.	
	Pantalon . . . Avec sous-pieds pour les officiers *montés*. . . .	Description du 15 mars 1879. Note du 27 mai 1886 au sujet des sous-pieds.
	Pantalon de coutil	Description du 14 septembre 1880.
	Culotte de drap	Description du 30 septembre 1888.
	Manteau et collet à capuchon (pèlerine) . .	Description du 15 mars 1879 (art. 182 et 184). Note du 18 juillet 1881 fixant la longueur de la pèlerine.
	Képi.	Description du 26 janvier 1884.
	Képi de première tenue	Description du 13 octobre 1886.
	Bottes (avec éperons pour les officiers montés) (ou chaussures sans boutons ni lacets apparents) (16 mars 1887 et 10 août 1888).	Les éperons sont en fer plaqué de cuivre, sauf ceux des officiers des sapeurs-conducteurs qui sont en fer limé et poli.
	Bottes à l'écuyère (pour officiers montés) .	Description du 9 février 1888.
	Épée (modèle 1855) et ceinturon à une seule bélière . Sans dragonne pour les adjoints.	Voir décisions ministérielles du 19 mars 1872 et du 26 janvier 1884. Les officiers de sapeurs-conducteurs font usage à cheval de porte-sabre. (Note du 17 mars 1888.)
	Épée (modèle 1855) et ceinturon à une seule bélière . Avec dragonne pour les officiers. . . en cuir . en or mat	
	Sabre d'officier de cavalerie légère, modèle 1822 (pour les officiers de sapeurs-conducteurs)	
	Revolver avec son étui (modèle 1874) . .	Description de l'étui du 15 mars 1879.
	Jumelle de campagne (facultative pour les adjoints)	Décision du 6 juin 1890.
	Gants . . . . Blancs . . En peau de castor ou en peau de chien. . .	Art. 249 du 15 mars 1879.
	Gants . . . . Rouges bruns	Indiqués dans la description de la tenue de campagne du 6 juin 1890.
	Harnachement	Description du 13 octobre 1886, complétée par celle du 6 juin 1890 en ce qui concerne l'étui porte-avoine et la musette-mangeoire.
EFFETS FACULTATIFS.	Vareuse	Description du 16 mai 1887.
	Culotte de coutil	Description du 26 janvier 1884.
	Manteau et pèlerine en caoutchouc. . . .	Art. 185 de la description du 15 mars 1879.
	Pelisse (pour les officiers montés seulement).	Description du 10 mai 1889.
	Brodequins avec jambières en drap . . . en cuir noir .	Notes des 30 juillet 1886, 16 mars 1887 et 10 août 1888.
	Gants de couleur chamois foncé	Notes du 26 juillet 1886.
	Sacoche pour les offic. non montés et adj.	Décision du 6 juin 1890.

1. Ce document, rédigé d'après les dispositions réglementaires en vigueur, n'a toutefois aucun caractère officiel.

EFFETS COMPOSANT LES DIVERSES TENUES.

1° Tenue du matin.

Autorisée tous les matins, y compris les dimanches et fêtes, jusqu'à 1 heure de l'après-midi.

Dolman avec brides d'épaule en poil de chèvre.
Vareuse [1].
Pantalon de drap ou de coutil avec bottes [2].
Culotte de drap ou de coutil avec bottes à l'écuyère [3].
Képi.
Gants blancs ou de couleur chamois foncé ou rouge brun.
Manteau, pèlerine ou pelisse [4].

3° Grande tenue [6].

Se prend : 1° le dimanche et les jours fériés, à partir de 1 heure ; 2° aux réceptions du chef de l'État, ou des ministres.

Dolman avec brides d'épaule en or.
Pantalon de drap avec bottes.
Képi de 1re tenue [7].
Gants blancs.
Épée ou sabre (avec dragonne en or pour les officiers).
Manteau, pèlerine ou pelisse [4].

2° Tenue du jour.

Obligatoire à partir de 1 heure, tous les jours, mais peut se porter dès le matin et doit se prendre pour les obsèques, à moins de convocation officielle indiquant que la grande tenue est de rigueur.

Dolman avec brides d'épaule en poil de chèvre.
Pantalon de drap { Avec sous-pieds et bottes éperonnées pour les officiers montés.
Culotte de drap avec bottes à l'écuyère [5].
Képi.
Gants blancs. { Les gants de couleur chamois ou rouge brun sont autorisés pour les promenades à cheval en dehors du service.
Épée ou sabre avec dragonne en cuir pour les officiers.
Manteau, pèlerine ou pelisse [4].

4° Tenue de campagne.

Description du 6 juin 1890, reproduite dans la *Revue du génie* de septembre-octobre 1890 (partie officielle, p. 70).

1. Le port de la vareuse est autorisé en campagne, aux manœuvres, routes, exercices, travaux de polygone, chantiers et bureaux.
2. Le pantalon de coutil ne peut être porté qu'après autorisation du chef de corps ou du commandant d'armes ; il est obligatoire pour les officiers à pied quand la troupe porte le pantalon de coutil ; il est interdit à cheval.
3. La culotte est obligatoire à cheval ; la culotte de coutil est autorisée quand la troupe porte le pantalon de coutil.
4. La pelisse est autorisée pour tous les officiers montés en dehors des prises d'armes.
5. Une note ministérielle du 1er décembre 1887 autorise les officiers montés de toutes armes à conserver la botte et la culotte pendant toute la journée à condition de prendre le sabre à partir de 1 heure.
6. Dans la *grande tenue de service* (qui ne se prend, sans ordre spécial, que pour les visites de corps ou individuelles à titre officiel, à l'occasion du service), la jugulaire est placée sous le menton.
7. En grande tenue, le képi des officiers supérieurs est orné du plumet ou de l'aigrette (1 octobre 1886), mais la tenue pour les dimanches et les jours de fête comporte le képi avec pompon pour tous les officiers.

Le gérant, Ch. NORBERG.

PLANCHERS

EN BOIS ET EN FER

Chercher le nombre de poutres et de solives qu'il faut mettre dans un plancher d'aire connue pour que son volume soit minimum, est-ce perdre son temps ?

On a pu parfois l'entendre dire.

Ceux qui soutiennent cette opinion font remarquer que les convenances locales assignent généralement d'étroites limites aux intervalles des poutres et des solives : une poutre ne doit pas se rapprocher des parties vides de la construction, telles que portes ou fenêtres ; la nature de l'aire du plancher fixe l'écartement des solives. A quoi bon demander péniblement au calcul des résultats qu'il faudra laisser de côté ?

Cependant, si le calcul, qui ne peut tenir compte que des conditions d'économie, montrait que la solution adoptée en se basant sur les seules raisons de convenance, est fort coûteuse ; ne pourrait-on pas faire fléchir quelque peu celles-ci ?

Le rôle de l'ingénieur n'est-il pas de tenir juste balance entre la science et l'art ?

Déterminer par le calcul la solution la plus économique, la modifier de manière à satisfaire aux conditions de convenance, est à coup sûr la marche la plus logique : c'est la seule qui permette de juger avec certitude l'économie d'un projet.

La question restera donc douteuse tant que le calcul lui-même ne l'aura pas tranchée. Le mettre en œuvre est le but de la présente Note.

CHAPITRE I.

PLANCHERS RECTANGULAIRES.

[illegible] par une aire plane que su- [illegible] bois ou en fer disposées [illegible] d'une même couche [illegible] [illegible] voisines (fig. [illegible]

[illegible] suivant :

[illegible] une *charge* p *par* m². [illegible] *disposer des* poutres [illegible] *charges données?*

[illegible] comprend le poids [illegible] des couches de poutres [illegible] donc négliger [illegible] le poids propre [illegible]

[illegible] supérieure et [illegible] en allant successive- [illegible] inférieure du plan- [illegible]

[illegible] de la couche [illegible] est fixé par la nature [illegible] tement, que nous dé- [illegible] être considéré comme

une constante fournie par les conditions de convenance locale.

Au contraire, on est libre de modifier l'écartement des poutres dans les couches n°s 2, 3, 4.... nous désignerons ces écartements successifs par les lettres x, y, z....

Considérons dans une couche quelconque, n° 2, par exemple, la portion AB (fig. 2) d'une poutre comprise

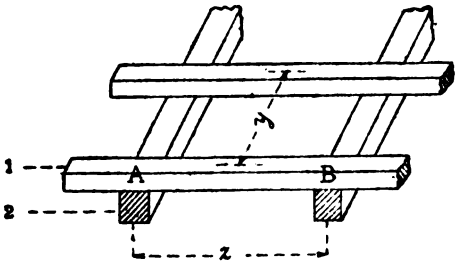


Fig. 2. — Vue perspective.

entre deux poutres voisines de la couche inférieure n° 3 ; l'équarrissage des poutres de la couche n° 2 se calculera en regardant la poutre AB comme ayant une portée z et étant soumise à une charge yzp.

Le module de section de la poutre $\frac{I}{u}$, dont on déduit la section, est donné par la formule

$$\frac{I}{u} = \frac{pyz^2}{8r},$$

dans laquelle r représente le taux par m^2 de la matière employée.

Nous supposerons d'abord que la section des poutres est rectangulaire, nous verrons plus tard la manière de traiter le problème pour des sections quelconques.

On a alors :

$$\frac{I}{u} = \frac{ab^2}{6},$$

a et b étant la base et la hauteur du rectangle (fig. 3), et la formule d'équarrissage devient

$$\frac{I}{u} = \frac{ab^2}{6} = \frac{pyz^2}{8r}.$$

Supposons que, dans la couche n° 2, les poutres soient à

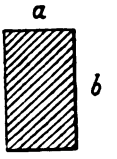


Fig. 3.

la distance $\frac{y}{2}$, et que la largeur de la poutre ne soit plus que $\frac{a}{2}$, l'équation d'équarrissage sera encore satisfaite, a et y étant remplacés par $\frac{a}{2}$ et $\frac{y}{2}$. Le volume des poutres de la couche n° 2 n'aura pas changé, puisque, si d'une part, on a doublé le nombre des poutres, de l'autre, on a réduit leur section de moitié.

Ainsi donc, théoriquement, il semble qu'on puisse, sans changer les conditions de résistance du plancher et son volume, prendre un écartement quelconque entre les poutres d'une même couche : il suffit de proportionner la largeur de la poutre à cet écartement, sans changer sa hauteur. Il n'y aurait donc pas lieu de chercher les valeurs de x, y, z.... qui fournissent le minimum du volume de la construction, puisque ces valeurs peuvent être prises absolument quelconques.

Il n'en est rien cependant, et l'expérience montre que si l'on a choisi pour la hauteur de la poutre une valeur b, on n'est pas libre de donner à la largeur a une valeur quelconque. En d'autres termes, le rapport de a à b doit rester compris dans des limites déterminées par l'expérience, sous peine de voir compromise la sécurité de la construction par des effets de flexion qui tendent à briser les pou-

tres. Une pièce dont la hauteur est grande par rapport à sa largeur n'est pas stable.

Nous appellerons *coefficient de stabilité* d'une poutre à section rectangulaire de largeur a et de hauteur b, le rapport $\frac{a}{b}$, et nous poserons

$$\frac{a}{b} = \alpha.$$

Ainsi, par exemple, pour les poutres en bois, on admet que la largeur doit être au moins égale au tiers de la hauteur : α doit rester compris entre $\frac{1}{3}$ et 1.

En résumé, le coefficient α doit être regardé comme une donnée du problème.

Ceci posé, calculons le volume d'un plancher supportant une aire rectangulaire dont les côtés sont l et L mètres, le poids total avec la surcharge étant de p kg par m².

Prenons d'abord le cas où il n'y a qu'une couche de poutres situées à la distance d les unes des autres, leur coefficient de stabilité étant α_1, et le taux de la matière qui les compose étant r_1.

1° Une couche de poutres (fig. 4).

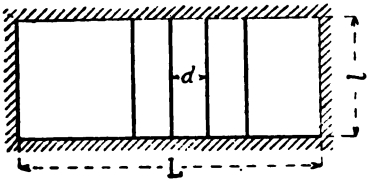


Fig. 4. — Plancher à une couche de poutres.

l Petit côté de l'aire.	$\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$	Coefficient de stabil.
L Grand côté de l'aire.	$S = \alpha_1 b_1^2$ . . .	Section de la poutre.
p Charge en kg par m².	$\frac{I}{u} = \frac{\alpha_1 b_1^3}{6}$ . . .	Module de section.
d Écartement des poutres.	$\frac{\alpha_1 b_1^3}{6} = \frac{pdl^2}{8r_1}$ . .	Équation d'équarris.
r_1 Taux par m².		

Le volume de la couche de poutres est

$$V_1 = \frac{L}{d} \alpha_1 b_1^2 l.$$

De l'équation d'équarrissage, on tire

$$b_1^2 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{dl^2}{\alpha_1 r_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

et en portant dans la valeur de V_1

$$V_1 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1}{r_1^2} \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{3}}$$

On voit que cette expression de V_1 ne renferme pas de variable proprement dite et ne peut pas, par suite, être susceptible de minimum.

Le volume sera d'autant plus petit que α_1 sera plus petit, et que r_1 et d seront plus grands.

La règle à suivre est donc la suivante :

Prendre pour le coefficient de stabilité α une valeur aussi voisine que possible de la limite inférieure. Donner aux poutres le plus grand écartement compatible avec la nature de l'aire à supporter. Enfin, choisir des matériaux de bonne qualité permettant l'emploi d'un taux élevé.

Traitons maintenant la même question pour deux couches de poutres et solives.

2° Deux couches de poutres (fig. 5).

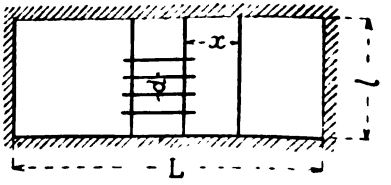


Fig. 5. — Plancher à deux couches de poutres.

	Couche n° 1 (Solives).	Couche n° 2 (Poutres).	
	$\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$	$\alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}$. . .	Coeffic. de stab.
l Petit côté de l'aire.	$S_1 = \alpha_1 b_1^2$	$S_2 = \alpha_2 b_2^2$.	Section.
L Grand côté de l'aire.	r_1	r_2.	Taux.
p Charge en kg par m²	d	x.	Écartement.
	$\frac{\alpha_1 b_1^3}{6} = \frac{pdx^2}{8r_1}$,	$\frac{\alpha_2 b_2^3}{6} = \frac{pxl^2}{8r_2}$.	Équat. d'équarr.

Le volume des deux couches de poutres est

$$V_2 = \frac{l}{d} \cdot \alpha_1 b_1^2 \cdot L + \frac{L}{x} \cdot \alpha_2 b_2^2 \cdot l.$$

En tirant des équations d'équarrissage les valeurs de b_1^2 et b_2^2 et portant dans l'expression de V_2, on trouve

$$V_2 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} Llp^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1^{\frac{1}{3}} x^{\frac{4}{3}}}{d^{\frac{1}{3}} r_1^{\frac{2}{3}}} + \frac{\alpha_2^{\frac{1}{3}} l^{\frac{4}{3}}}{x^{\frac{1}{3}} r^{\frac{2}{3}}} \right).$$

Le minimum de V_2 correspond à la valeur de x qui annule la dérivée du second membre ; on trouve ainsi, tout calcul fait,

$$x^5 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{r_1^2}{r_2^2} dl^4.$$

On obtient le minimum de V_2 en portant cette valeur de x dans l'expression de V_2 ; on trouve ainsi

$$V_2 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{12}{18}} \left[\left(\frac{1}{4}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{0} \right] Ll^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1 \alpha_2^4}{r_1^2 r_2^8} \cdot \frac{l}{d} \right)^{\frac{1}{18}}.$$

Ce volume minimum sera lui-même d'autant plus petit que α_1 et α_2 seront plus petits et que r_1, r_2 et d seront plus grands. Les règles à suivre, à cet égard, seront les mêmes que celles données tout à l'heure dans le cas précédent.

L'expression $\left(\frac{1}{4}\right)^{-1}$ provient du volume des poutres ; celle $\left(\frac{1}{4}\right)^{0}$ provient du volume des solives ; ces expressions

sont respectivement égales à 4 et à 1. On voit donc que, *dans le plancher minimum, la matière est répartie de telle sorte que le volume des poutres est égal à quatre fois le volume des solives*[1].

Supposons maintenant qu'il y ait trois couches de poutres :

3° Trois couches de poutres (fig. 6).

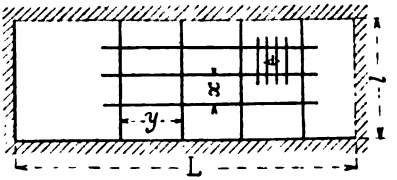


Fig. 6. — Plancher à trois couches de poutres.

	Couche n° 1.	Couche n° 2.	Couche n° 3.	
l Petit côté. . .	$\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$,	$\alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}$,	$\alpha_3 = \frac{a_3}{b_3}$,	Coef. de stabilité.
L Grand côté. .	$S_1 = \alpha_1 b_1^2$,	$S_2 = \alpha_2 b_2^2$,	$S_3 = \alpha_3 b_3^2$,	Sections.
p Charge par m².	r_1,	r_2,	r_3,	Taux par m².
	d,	x,	y,	Écartements.
	$\frac{\alpha_1 b_1^3}{6} = \frac{pdx^2}{8r_1}$,	$\frac{\alpha_2 b_2^3}{6} = \frac{pxy^2}{8r_2}$,	$\frac{\alpha_3 b_3^3}{6} = \frac{pyl^2}{8r_3}$,	Équat. d'équar.

En suivant la même marche que dans le cas précédent, on trouve que les valeurs de x et y correspondant au volume minimum sont fournies par les équations :

$$x^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{27} \frac{\alpha_2 \alpha_3^4}{\alpha_1^5} \cdot \frac{r_1^{10}}{r_2^2 r_3^8} d^5 l^{16} \text{ et } y^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{18} \frac{\alpha_2^5}{\alpha_1 \alpha_3^4} \cdot \frac{r_1^2 r_2^8}{r_3^{10}} d\, l^{20},$$

et que ce volume est donné par la formule

$$V_3 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{48}{63}} \left[\left(\frac{1}{4}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{0} + \left(\frac{1}{4}\right)^{1}\right] L l^3 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1 \alpha_2^4 \alpha_3^{16}}{r_1^2 r_2^8 r_3^{32}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{63}},$$

1. Cette règle a été donnée pour la première fois, à notre connaissance, en 1882, par M. le commandant Percin, aujourd'hui colonel. Elle se trouve énoncée dans le cours de construction professé à l'école régimentaire du génie de Grenoble en 1884 par M. le capitaine Cornille, aujourd'hui chef de bataillon.

expression qui donne lieu aux mêmes remarques que celles trouvées dans les deux cas précédents.

4° Quatre couches de poutres.

En prenant des notations analogues, on arrive aux formules suivantes :

$$x^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{171} \frac{\alpha_2\,\alpha_3^4\,\alpha_4^{16}}{\alpha_1^{21}} \cdot \frac{r_1^{42}}{r_2^2\,r_3^8\,r_4^{32}}\, d^{21}\, l^{64},$$

$$y^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{150} \frac{\alpha_3^5\,\alpha_4^{20}}{\alpha_1^5\,\alpha_2^{20}} \cdot \frac{r_1^{10}\,r_2^{40}}{r_3^{10}\,r_4^{40}} \cdot d^5\, l^{80},$$

$$z^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{81} \frac{\alpha_4^{21}}{\alpha_1\,\alpha_2^4\,\alpha_3^{16}} \cdot \frac{r_1^2\,r_2^8\,r_3^{32}}{r_4^{42}} \cdot d\, l^{84},$$

et, pour l'expression du volume minimum, à

$$V_4 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{174}{255}} \left[\left(\frac{1}{4}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{0} + \left(\frac{1}{4}\right)^{1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{2}\right] L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1\,\alpha_2^4\,\alpha_3^{16}\,\alpha_4^{64}}{r_1^2\,r_2^8\,r_3^{32}\,r_4^{128}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{255}},$$

expression qui donne encore lieu aux mêmes remarques que précédemment.

Il est facile de généraliser la formule qui donne le volume minimum, et de l'étendre à un nombre n quelconque de couches de poutres. On trouve ainsi :

$$V_n = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{2}{3} + \frac{n}{2^{2n}-1}} \sum_{-1}^{n-2} \left(\frac{1}{4}\right)^{n} L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1^{20}\,\alpha_2^{22}\,\alpha_3^{24} \ldots \alpha_n^{2^{2n-2}}}{r_1^{21}\,r_2^{23}\,r_3^{25} \ldots r_n^{2^{2n}-1}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{2^{2n}-1}}$$

qu'on peut encore écrire, en remarquant que

$$\sum_{-1}^{n-2} \left(\frac{1}{4}\right)^{n} = \frac{4}{3}\,\frac{2^{2n}-1}{2^{2n-2}},$$

$$V_n = \left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{2}{3} + \frac{n}{2^{2n}-1}} \frac{2^{2n}-1}{2^{2n-2}}\, L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1^{20}\,\alpha_2^{22}\,\alpha_3^{24} \ldots \alpha_n^{2^{2n-2}}}{r_1^{21}\,r_2^{23}\,r_3^{25} \ldots r_n^{2^{2n}-1}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{2^{2n}-1}}.$$

Cette formule générale permet d'énoncer le théorème suivant :

Théorème I. — Dans une série de n *couches de poutres superposées, se croisant alternativement à angle droit, et disposées*

sont respectivement égales à 4 et à 1. On voit donc que, *dans le plancher minimum, la matière est répartie de telle sorte que le volume des poutres est égal à quatre fois le volume des solives*[1].

Supposons maintenant qu'il y ait trois couches de poutres :

3° Trois couches de poutres (fig. 6).

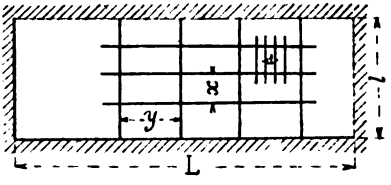


Fig. 6. — Plancher à trois couches de poutres.

	Couche n° 1.	Couche n° 2.	Couche n° 3.	
l Petit côté. . .	$\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$,	$\alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}$,	$\alpha_3 = \frac{a_3}{b_3}$,	Coef. de stabilité.
L Grand côté. .	$S_1 = \alpha_1 b_1^2$,	$S_2 = \alpha_2 b_2^2$,	$S_3 = \alpha_3 b_3^2$,	Sections.
p Charge par m².	r_1,	r_2,	r_3,	Taux par m².
	d,	x,	y,	Écartements.
	$\frac{\alpha_1 b_1^3}{6} = \frac{pdx^2}{8r_1}$,	$\frac{\alpha_2 b_2^3}{6} = \frac{pxy^2}{8r_2}$,	$\frac{\alpha_3 b_3^3}{6} = \frac{pyl^2}{8r_3}$,	Équat. d'équar.

En suivant la même marche que dans le cas précédent, on trouve que les valeurs de x et y correspondant au volume minimum sont fournies par les équations :

$$x^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{27} \frac{\alpha_2 \alpha_3^4}{\alpha_1^5} \cdot \frac{r_1^{10}}{r_2^2 r_3^8} d^5 l^{16} \text{ et } y^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{18} \frac{\alpha_2^5}{\alpha_1 \alpha_3^4} \cdot \frac{r_1^2 r_2^8}{r_3^{10}} d\, l^{20},$$

et que ce volume est donné par la formule

$$V_3 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{48}{63}} \left[\left(\frac{1}{4}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{0} + \left(\frac{1}{4}\right)^{1}\right] L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1 \alpha_2^4 \alpha_3^{16}}{r_1^2 r_2^8 r_3^{32}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{63}},$$

1. Cette règle a été donnée pour la première fois, à notre connaissance, en 1882, par M. le commandant Percin, aujourd'hui colonel. Elle se trouve énoncée dans le cours de construction professé à l'école régimentaire du génie de Grenoble en 1884 par M. le capitaine Cornille, aujourd'hui chef de bataillon.

expression qui donne lieu aux mêmes remarques que celles trouvées dans les deux cas précédents.

4° Quatre couches de poutres.

En prenant des notations analogues, on arrive aux formules suivantes :

$$x^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{171} \frac{\alpha_2\,\alpha_3^{\,4}\,\alpha_4^{\,16}}{\alpha_1^{\,21}} \cdot \frac{r_1^{\,42}}{r_2^{\,2}\,r_3^{\,8}\,r_4^{\,32}}\, d^{21}\, l^{64},$$

$$y^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{150} \frac{\alpha_3^{\,5}\,\alpha_4^{\,20}}{\alpha_1^{\,5}\,\alpha_2^{\,20}} \cdot \frac{r_1^{\,10}\,r_2^{\,40}}{r_3^{\,10}\,r_4^{\,40}} \cdot d^{5}\, l^{60},$$

$$z^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{81} \frac{\alpha_4^{\,21}}{\alpha_1\,\alpha_2^{\,4}\,\alpha_3^{\,16}} \cdot \frac{r_1^{\,2}\,r_2^{\,8}\,r_3^{\,32}}{r_4^{\,42}} \cdot d\, l^{84},$$

et, pour l'expression du volume minimum, à

$$V_4 = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{174}{255}} \left[\left(\frac{1}{4}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{0} + \left(\frac{1}{4}\right)^{1} + \left(\frac{1}{4}\right)^{2}\right] \mathrm{L} l^2\, p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1\,\alpha_2^{\,4}\,\alpha_3^{\,16}\,\alpha_4^{\,64}}{r_1^{\,2}\,r_2^{\,8}\,r_3^{\,32}\,r_4^{\,128}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{255}},$$

expression qui donne encore lieu aux mêmes remarques que précédemment.

Il est facile de généraliser la formule qui donne le volume minimum, et de l'étendre à un nombre n quelconque de couches de poutres. On trouve ainsi :

$$V_n = \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{2}{3} + \frac{n}{2^{2n}-1}} \sum_{-1}^{n-2} \left(\frac{1}{4}\right)^{n} \mathrm{L} l^2\, p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1^{\,20}\,\alpha_2^{\,22}\,\alpha_3^{\,24} \ldots \alpha_n^{\,2^{2n-2}}}{r_1^{\,21}\,r_2^{\,22}\,r_3^{\,25} \ldots r_n^{\,2^{2n-1}}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{2^{2n}-1}}$$

qu'on peut encore écrire, en remarquant que

$$\sum_{-1}^{n-2} \left(\frac{1}{4}\right)^{n} = \frac{4}{3}\,\frac{2^{2n}-1}{2^{2n-2}},$$

$$V_n = \left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{2}{3} + \frac{n}{2^{2n}-1}\,\frac{2^{2n}-1}{2^{2n-2}}} \mathrm{L} l^2\, p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha_1^{\,20}\,\alpha_2^{\,22}\,\alpha_3^{\,24} \ldots \alpha_n^{\,2^{2n-2}}}{r_1^{\,21}\,r_2^{\,23}\,r_3^{\,25} \ldots r_n^{\,2^{2n-1}}} \cdot \frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{2^{2n}-1}}.$$

Cette formule générale permet d'énoncer le théorème suivant :

Théorème I. — Dans une série de n *couches de poutres superposées, se croisant alternativement à angle droit, et disposées*

en grandeur et en position de manière à supporter une charge donnée en ayant le plus petit volume possible, la matière est répartie dans chaque couche proportionnellement aux termes de la série :

$$4,\ 1,\ \frac{1}{4},\ \left(\frac{1}{4}\right)^2,\ \left(\frac{1}{4}\right)^3,\ldots\ldots\left(\frac{1}{4}\right)^{n-2}.$$

Si l'on suppose que toutes les poutres d'un plancher ont le même coefficient de stabilité α, tous les termes de l'expression qui donne la valeur du volume de ce plancher contiennent α à la puissance $\frac{1}{3}$, on peut donc énoncer le théorème suivant :

Théorème II. — Lorsque dans un plancher toutes les poutres ont le même coefficient de stabilité, le volume du plancher est proportionnel à la racine cubique du coefficient de stabilité.

Si l'on suppose en outre que toutes les poutres soient formées avec la même matière, on pourra énoncer le théorème suivant :

Théorème III. — Lorsque dans un plancher toutes les poutres ont le même coefficient de stabilité α et travaillent au même taux r, *le volume du plancher est proportionnel à la racine cubique de* $\frac{\alpha}{r^2}$.

Dans les applications, on prend le plus souvent le même coefficient de stabilité pour toutes les poutres qui sont généralement aussi formées de la même matière.

Posons donc :

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \ldots\ldots = \alpha$$
$$r_1 = r_2 = r_3 = \ldots\ldots = r$$

Les formules données plus haut prennent alors une forme plus simple : elles deviennent, en calculant les coefficients numériques :

— Une couche de poutres :

$$(1) \qquad V_1 = 0{,}826\ \mathrm{L}\, l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha}{r^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

— Deux couches de poutres :

$$V_2 = 1{,}361\, L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha}{r^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{12}}, \tag{2}$$

avec $$x^6 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 d l^4.$$

— Trois couches de poutres :

$$V_3 = 1{,}610\, L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha}{r^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{63}{}}, \tag{3}$$

avec $$x^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{27} d^6 l^{10}; \qquad y^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{18} d l^{20}.$$

— Quatre couches de poutres :

$$V_4 = 1{,}704\, L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha}{r^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{265}}, \tag{4}$$

avec

$$x^{55} = \left(\frac{1}{4}\right)^{171} d^{31} l^{64}; \quad y^{55} = \left(\frac{1}{4}\right)^{150} d^6 l^{30}; \quad z^{55} = \left(\frac{1}{4}\right)^{91} d l^{24}.$$

Ces formules, par leur forme monôme, se prêtent très facilement au calcul logarithmique.

Dans la pratique, la formule $x^6 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 d l^4$ est celle qu'on aura le plus souvent à employer.

Le tableau de la figure 7 permet de trouver, sans calcul, la valeur de l'écartement x à donner aux poutres, pour avoir le minimum du volume, quand on connaît l'écartement d des solives, et la portée l des poutres.

Avant de passer aux applications, nous résoudrons les problèmes suivants :

1er *problème. — Dans quelles limites de portée doit-on employer un nombre déterminé de couches de poutres?*

La comparaison des volumes minimums suffit pour résoudre la question.

Tant qu'on aura

$$V_1 < V_2,$$

on ne prendra qu'une seule couche de poutres.

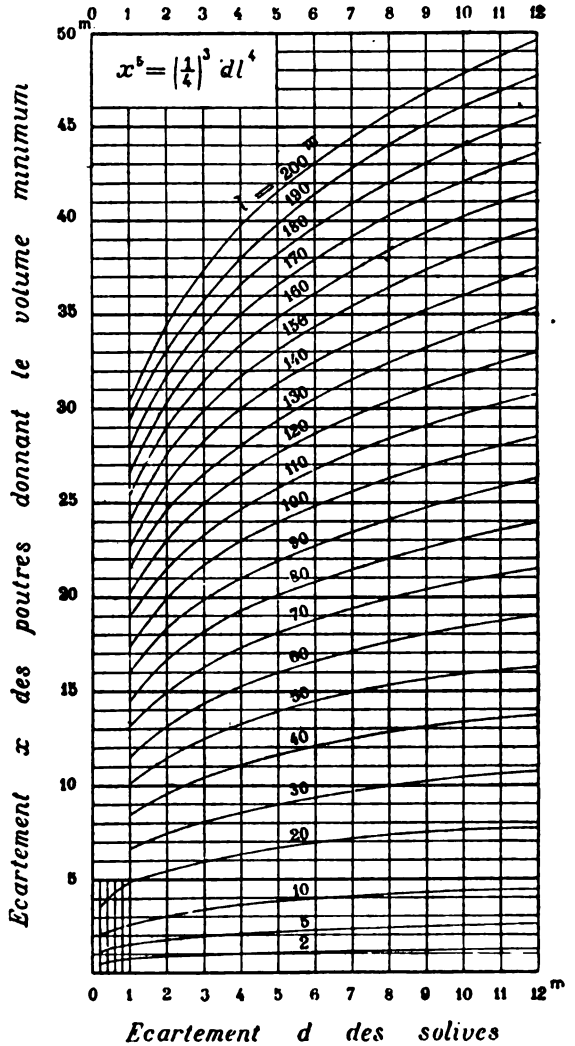


Fig. 7. — Tableau graphique donnant l'écartement des poutres, en fonction de leur portée et de l'écartement des solives.

Si l'on a

$$V_2 < V_1, \quad V_2 < V_3,$$

on prendra deux couches de poutres, et ainsi de suite.

Dans le cas où les coefficients de stabilité sont égaux ainsi que les taux, la comparaison donne les résultats suivants :

	Si l'on a:	prendre:
(5)	$l < 6{,}52\,d.$.	1 couche de poutres.
(6)	$6{,}52\,d < l < 27{,}34\,d.$.	2 couches — .
(7)	$27{,}34\,d < l < 111{,}80\,d.$.	3 — — .
(8)	$111{,}80\,d < l$	4 — — .

2e *problème.* — *L'emploi de colonnes pour soutenir les poutres de la dernière couche est-il économique?*

On a souvent recours à des colonnes dans les bâtiments dépourvus de murs de refend sur une grande surface, comme les magasins, les docks, pour soutenir les poutres; il est donc intéressant d'étudier les conditions économiques de semblables constructions.

Supposons d'abord que l'intervalle entre deux poutres de la couche reposant sur les colonnes soit absolument déterminé par les conditions de convenance et représentons-le par D (fig. 8).

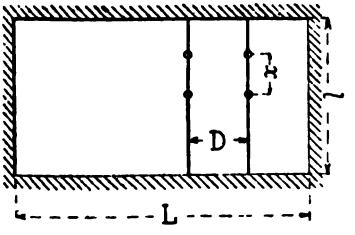


Fig. 8.

Fig. 9.

Soit x l'intervalle entre deux colonnes soutenant une même poutre :

Nous supposerons les colonnes cylindriques pleines (fig. 9) de rayon c et de hauteur h. Nous adopterons pour

calculer le poids P qu'elles peuvent supporter en toute sécurité, la formule donnée par Reuleaux :

$$P = 0{,}4\,\pi^2 \frac{EI}{h^2}$$

Nous allons chercher le volume minimum de l'ensemble des poutres et colonnes pour résister à une charge de p kg par m².

Soient :

	Poutres.	Colonnes.
l Petit côté.	$\alpha = \frac{a}{b}$. . . Coeff. de stab.	$S = \pi c^2$. . . . Section.
L Grand côté.	$S = \alpha b^2$. . Section.	$I = \frac{\pi c^4}{4}$ . . . . Moment d'inertie.
p Charge par m².	r . . . . . Taux.	E . . . . . Coefficient d'élast.
h Hauteur.	D. . . . . Écartement.	x . . . . . Écartement.
	$\frac{\alpha b^3}{6} = \frac{pDx^2}{8r}$ Éq. d'équarr.	$pDx = \frac{4\pi^2}{10}\frac{EI}{h^2}$ Éq. d'équarr.

Le volume de l'ensemble des poutres et colonnes est :

$$V = \frac{L}{D}\alpha b^2 l + \frac{L}{D}\frac{l}{x}\pi c^2 h.$$

En tirant les valeurs de b^2 et c^2 des équations d'équarrissage et les portant dans l'expression de V, on trouve :

$$(9) \qquad \frac{D}{Ll} V = \left(\frac{3}{4}\frac{p\alpha^{\frac{1}{2}} D}{r}\right)^{\frac{2}{3}} x^{\frac{4}{3}} + \left(10\frac{pDh^4}{\pi E}\right)^{\frac{1}{2}} x^{-\frac{1}{2}}.$$

La valeur de x qui rend V minimum, s'obtient en égalant à zéro la dérivée du second nombre ; on trouve ainsi :

$$(10) \qquad x = 0{,}892\left(\frac{r^4 h^{12}}{pD\alpha^2 E^2}\right)^{\frac{1}{11}}.$$

En portant cette valeur dans l'expression de V, on trouve pour le volume minimum

$$(11) \qquad V = 2{,}598\, Ll\left(\frac{p^6 \alpha h^{16}}{D^5 r^2 E^4}\right)^{\frac{1}{11}}.$$

Supposons en second lieu un plancher composé de deux couches de poutres seulement, la dernière étant supportée

par des colonnes, c'est-à-dire qu'on ait : des solives, des poutres et des colonnes (fig. 10).

Admettons en outre que les intervalles entre les poutres et les colonnes, x et y, puissent être déterminés par les

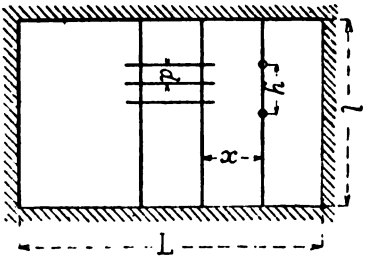


Fig. 10.

seules conditions d'économie. Nous allons chercher le volume minimum de l'ensemble des solives, poutres et colonnes, ainsi que les valeurs de x et de y correspondantes.

Soient :

	Solives.	Poutres.		Colonnes.
tit côté de l'aire.	$\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$,	$\alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}$,	Coeff. de stab.	$S = \pi c^2$ . . . Section.
nad côté de l'aire.	$S = \alpha_1 b_1^2$,	$S_2 = \alpha_2 b_2^2$,	Section.	$I = \frac{\pi c^4}{4}$ . . . Mom. d'in.
harge en kg par m²	$\frac{I}{u} = \frac{\alpha_1 b_1^3}{6}$,	$\frac{I}{u} = \frac{\alpha_2 b_2^3}{6}$,	Module de s.	h . . . . . Hauteur.
	r_1,	r_2,	Taux.	E . . . . . Coeff. d'élast.
	d,	x,	Écartement.	y . . . . . Écartement.
	$\frac{\alpha_1 b_1^3}{6} = \frac{pdx^2}{8r_1}$,	$\frac{\alpha_2 b_2^3}{6} = \frac{pxy^2}{8r_2}$	Éq. d'équar.	$pxy = \frac{\pi^3}{10}\frac{Ec^4}{h^2}$ Éq. d'équar.

Le volume de l'ensemble des solives, poutres et colonnes est :

$$V = \frac{l}{d} \cdot \alpha_1 b_1^2 L + \frac{L}{x} \cdot \alpha_2 b_2^2 l + \frac{L}{x}\frac{l}{y} \pi c^2 h$$

En tirant des équations d'équarrissage, les valeurs de b_1^2, b_2^2 et c^2 et les portant dans V, on trouve :

$$\frac{1}{Ll} V = \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{p\alpha_1^{\frac{1}{2}}}{d^{\frac{1}{2}} r_1}\right)^{\frac{2}{3}} x^{\frac{4}{3}} + \left(\frac{3}{4}\frac{p\alpha_2^{\frac{1}{2}}}{r_2}\right) x^{-\frac{1}{3}} y^{\frac{4}{3}} + \left(\frac{10\, ph^4}{\pi E}\right) x^{-\frac{1}{2}} y^{-\frac{1}{2}}.$$

Les dérivées du second membre de cette expression, prises par rapport à x et à y et égalées à zéro fournissent les valeurs de ces variables qui rendent le volume V minimum, on trouve ainsi :

$$x = 1{,}004 \left(\frac{d^{11}\,\alpha_2^{\,3}\,r_1^{\,22}\,h^{18}}{p^4\,\alpha_1^{\,11}\,r_2^{\,6}\,E^{12}}\right)^{\frac{1}{59}}, \tag{13}$$

et

$$y = 0{,}889 \left(\frac{\alpha_1\,r_2^{\,22}\,h^{60}}{d p^8\,\alpha_2^{\,11}\,r_1^{\,2}\,E^{15}}\right)^{\frac{1}{59}}. \tag{14}$$

En portant ces valeurs dans l'expression de V, on trouve pour le volume minimum :

$$V_b = 3{,}422\ \mathrm{L}l \left(\frac{p^{34}\,\alpha_1^{\,5}\,\alpha_2^{\,4}\,h^{64}}{d^5\,r_1^{\,10}\,r_2^{\,6}\,E^{16}}\right)^{\frac{1}{59}}. \tag{15}$$

Il est remarquable que ces dernières formules comme toutes celles établies plus haut se présentent sous la forme de monômes [1]. Elles sont donc facilement calculables par logarithmes. Une table à cinq décimales, celle de Hoüel, par exemple, est très suffisante dans les applications.

L'emploi de ces formules permettra de comparer le volume d'un plancher avec colonnes, à celui d'un plancher sans colonnes, et, par suite, de résoudre le deuxième problème posé plus haut.

CHAPITRE II.

PLANCHERS EN BOIS.

Pour les poutres en bois, de section rectangulaire, le coefficient de stabilité varie de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{1}$.

Le volume du plancher est proportionnel à la racine cubique de ce coefficient, d'après le théorème II. Une fois donc déterminés les écartements des poutres, le volume

1. Voir la note jointe au Mémoire.

du plancher pourra varier dans la proportion de

$$1 \text{ à } \sqrt[3]{3} = 1,44225$$

suivant le profil adopté pour la section.

L'aire des planchers en bois est formée généralement de planches ayant 27 mm ou 34 mm d'épaisseur suivant la nature des charges à supporter.

L'écartement des poutres de la première couche (solives) est fixé par l'expérience :

0,50 m au maximum pour les planchers de 27 mm.

0,60 m au maximum pour les planchers de 34 mm.

Nous avons vu plus haut qu'il y avait intérêt au point de vue de l'économie à donner aux solives le plus grand écartement compatible avec la nature de l'aire à supporter.

Nous adopterons donc ces chiffres dans nos calculs.

Travure simple.

On dit que la travure est simple quand elle se compose uniquement de solives.

Pour savoir si l'on doit employer une travure simple, il suffit de consulter la formule (5). En faisant successivement

$$d = 0,50 \text{ m et } d = 0,60 \text{ m},$$

dans l'inégalité (5), on trouve

$$l < 3,26 \text{ m et } l < 3,91 \text{ m}.$$

On peut donc énoncer cette règle :

Règle. — *Pour un plancher de 27 mm, employer une travure simple jusqu'à 3,25 m de portée. Pour un plancher de 34 mm, jusqu'à 3,90 m.*

Le plancher minimum s'obtiendra en prenant pour le coefficient de stabilité α une valeur aussi rapprochée que possible de $\frac{1}{3}$.

Travure composée.

La travure composée comprend deux couches de poutres : les premières prennent le nom de solives, les autres gardent le nom de poutres.

Les limites dans lesquelles on doit établir une travure composée sont fournies par des inégalités (6). En y faisant successivement

$$d = 0{,}50 \text{ m et } d = 0{,}60 \text{ m},$$

on trouve

$$3{,}26 \text{ m} < l < 13{,}67 \text{ m et } 3{,}91 \text{ m} < l < 16{,}40 \text{ m}$$

On voit donc que jusqu'aux portées de 13 et de 16 m, qu'on n'atteint jamais dans la pratique, pour les planchers en bois, on devra employer une travure composée de deux couches de poutres.

Application. — Plancher d'une chambre de caserne, type du 20 mars 1875. Aire en planches de 34 mm (fig. 11).

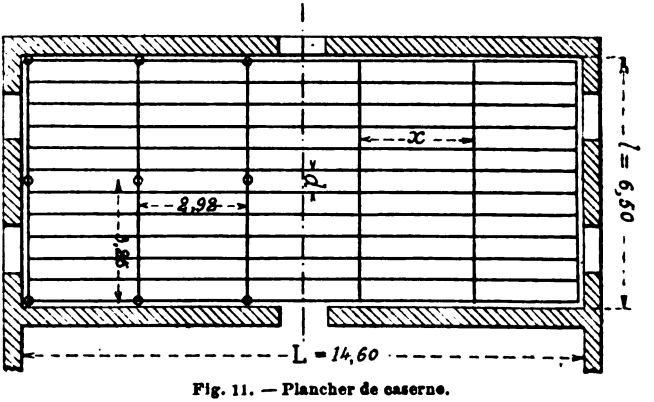


Fig. 11. — Plancher de caserne.

Commençons par chercher le plancher qui donne le volume minimum.

On a :

		Solives.	Poutres.
$l =$	6,50 m,	$\alpha_1 = \frac{1}{3}$,	$\alpha_2 = \frac{1}{3}$,
$L =$	14,60 m,	$r_1 = 600\,000$,	$r_2 = 600\,000$,
$p =$	500 kg,	$d = 0{,}60$ m,	x.

Le volume minimum est fourni par la formule (2)

$$V_2 = 1{,}361\, L l^2 p^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\alpha}{r^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{1}{15}},$$

qui devient ici :

$$V_2 = 1{,}361 \times 14{,}60 \times \overline{6{,}5}^2 \times \overline{500}^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\frac{1}{3}}{\overline{600\,000}^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{6{,}5}{0{,}6}\right)^{\frac{1}{15}}.$$

$lg\ 1{,}361$	$= 0{,}13386$	$lg\ 6{,}5 = 0{,}81291$	$lg\ 500 = 2{,}69897$
$lg\ 14{,}60$	$= 1{,}16435$	2	2
$2\,lg\ 6{,}5$	$= 1{,}62582$	$1{,}62582$	$5{,}39794$
$\frac{2}{3}\,lg\ 500$	$= 1{,}79931$	$lg\ 600000 = 5{,}77815$	$^1/_3 :\ 1{,}79931$
$\frac{1}{3}\,lg\left(\frac{\frac{1}{3}}{\overline{600\,000}^2}\right)$	$= \overline{5}{,}98886$	2	$lg\ 6{,}5 = 0{,}81291$
$\frac{1}{15}\,lg\left(\frac{6{,}5}{0{,}6}\right)$	$= 0{,}06898$	$11{,}55630$	$-lg\ 0{,}6 = \overline{1}{,}77815$
$lg\ V_2$	$= 0{,}78118$	$lg\ \frac{1}{3} = \overline{1}{,}52288$	$1{,}03476$
V_2	$= 6^{m3}{,}042$	$-11{,}55630$	$^1/_{15} :\ 0{,}06898$
		$\overline{13}{,}96658$	
		$^1/_3 :\ \overline{5}{,}98886$	

Nous avons donné ce calcul en détail pour montrer avec quelle facilité s'effectuent tous les calculs de ce genre.

Le volume minimum absolu qu'on puisse obtenir est donc de 6,042 m³.

L'écartement x à donner aux poutres est fourni par la formule (2) :

$$x^5 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 d l^4,$$

d'où

$$x = 1{,}757 \text{ m}.$$

Cette valeur permet de laisser le corridor central entre deux poutres, elle est donc admissible ; et on prendra pour x le nombre qui se rapproche le plus de celui-là en donnant un nombre entier de travées, soit

$$x = 1{,}83 \text{ m}.$$

On a généralement l'habitude de donner aux poutres un écartement voisin de 3 m.

En étudiant le même plancher avec un écartement des poutres égal à 2,92 m, on trouve qu'avec un équarrissage carré pour les poutres, on doit donner à la poutre une hauteur de 0,42 m. C'est là une limite supérieure qu'on ne peut songer à dépasser en pratique : force est donc de garder l'équarrissage carré.

Le cube du plancher est alors égal à 8,56 m³, c'est-à-dire supérieur de 2,5 m³ au volume minimum.

Nous résumons cette étude dans le tableau suivant :

Plancher d'une chambre de caserne, type du 20 mars 1875.
Aire en bois de 34 mm. — *Charge totale :* 500 kg *par m².*

SOLIVES.			POUTRES.			CUBES.	PRIX à 123 fr le m³.	OBSERVATIONS.
Écartement m	Coefficient de stabilité.	Équarrissage. cm	Écartement. m	Coefficient de stabilité.	Équarrissage. cm	m³	fr	
0,60	$\frac{1}{3}$	»	1,757	$\frac{1}{3}$	»	6,042	743	Minimum absolu.
0,60	$\frac{1}{3}$	6/16	1,830	$\frac{1}{3}$	17,5/52	6,138	755	Nombre entier de travées.
0,60	$\frac{1}{3}$	6/16	1,830	$\frac{2}{3}$	26/42	7,220	888	Avec le maximum de 42.
0,60	$\frac{1}{3}$	8/22	2,920	$\frac{1}{1}$	42/42	8,560	1 053	Poutres carrées.

On voit donc qu'il y a intérêt à adopter un faible écartement pour les poutres. Le tableau montre en outre que, dans tous les cas, on doit donner aux poutres de forts équarrissages. Aussi, dans les constructions modernes, on emploie les planchers en fer que nous étudierons plus loin.

Il y a un autre moyen d'éviter l'emploi de forts équarrissages, c'est de recourir à des poteaux pour soutenir les poutres. Bien que cette solution soit généralement inadmissible pour les chambres de caserne, nous allons l'étudier : elle nous permettra de faire d'utiles comparaisons.

Soient donc :

	Solives.	Poutres.	Poteaux.
$l = 6{,}50$ m,	$\alpha_1 = \frac{1}{3}$,	$\alpha_2 = \frac{1}{3}$,	$h = 3{,}70$ m,

$L = 14{,}60$ m, $r_1 = 600\,000$, $r_2 = 600\,000$, $E = 1\,100\,000\,000$,
$p = 500$ kg $d = 0{,}60$ m, x écartement, y écartement.

Nous supposons les poteaux cylindriques.

Le volume minimum absolu est fourni par la formule (15). Les formules (13) et (14) donnent x et y ; on obtient

$$V = 2{,}598 \text{ m}^3, \quad x = 1{,}077 \text{ m}, \quad y = 0{,}775 \text{ m}.$$

Ces dimensions sont évidemment inadmissibles, mais cet exemple montre bien la grande économie qui peut résulter de l'emploi de poteaux.

Les conditions de convenance locale tendent toujours à réduire le nombre de ceux-ci.

Supposons que, dans la chambre de caserne, on mette les poutres à 2,92 m et qu'on espace les colonnes de 3,25 m comme dans la figure 11, dimensions très admissibles, le cube total de la construction sera seulement de 4,982 m³, chiffre encore inférieur au minimum du tableau précédent.

En gardant 2,92 m pour l'écartement des poutres, le plancher minimum que l'on peut obtenir est fourni par les formules (10) et (11). On obtient ainsi un volume de 3,982 m³ et un écartement de 1,01 m pour les poutres.

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats de cette étude.

SOLIVES.		POUTRES.		POTEAUX.		CUBES.	PRIX à 123 fr le m³.	OBSERVATIONS.
Écartement.	Équarrissage.	Écartement.	Équarrissage.	Écartement.	Équarrissage (diamètre).			
m	cm	m	cm	m	cm	m³	fr	
0,60	»	1,077	»	0,775	»	2,598	319	Minimum absolu.
0,60	»	2,920	»	1,011	»	3,982	490	Minimum avec 2,92 m.
0,60	8/22	2,920	13/39	3,250	13,2	4,982	613	Fig. 11.

On voit en résumé que l'économie qui résulte de l'emploi de poteaux l'emporte de beaucoup sur la dépense provenant d'un grand écartement des poutres. Chaque fois que les convenances locales permettront les supports intermédiaires, fût-ce en très petit nombre, il y aura toujours économie à les adopter.

CHAPITRE III.

PLANCHERS EN FER.

Les formules établies dans le chapitre I permettent de faire l'étude complète d'un plancher dont les poutres ont des sections rectangulaires.

Nous allons montrer comment on doit s'en servir quand les sections ont une forme quelconque.

Théorème. — Étant donnée une pièce prismatique A (fig. 12) de section quelconque reposant sur deux appuis et supportant

Fig. 12. — Pièces de même volume supportant la même charge.

une charge quelconque, il existe toujours une pièce B de section rectangulaire pouvant théoriquement supporter la même charge en ayant le même volume.

En effet, soient S la section et Z le module de section de la pièce considérée.

Une pièce rectangulaire de même section et de même module de section répondrait à la question ; car, si les

sections sont équivalentes, les deux pièces auront le même volume, et si le module de section est le même, elles auront même équation d'équarrissage, c'est-à-dire même résistance.

Si donc a et b sont les côtés de la section rectangulaire, il faudra qu'on ait :

$$ab = S, \quad \frac{ab^2}{6} = Z,$$

d'où l'on tire

$$a = \frac{S^2}{6Z}, \quad b = \frac{6Z}{S}.$$

Prenons par exemple, dans l'album des fers des Forges de Franche-Comté, le fer I qui a le profil ci-contre (fig. 13).

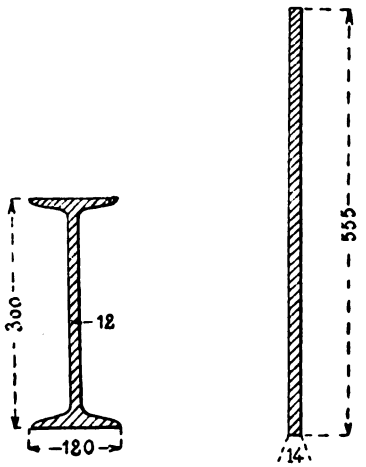


Fig. 13.

L'album donne pour les valeurs de S et de Z

$$S = 7\,570 \text{ mm}^2, \quad Z = 700\,860.$$

La pièce de section rectangulaire correspondante a pour dimensions

$$a = 14 \text{ mm}, \qquad b = 555 \text{ mm}$$

COEFFICIENT de stabilité.		0,020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,030	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HAUTEURS EN mm DES FERS A I. — Petites ailes	220				8/60				9/61			10/62			11/63			12/64			13/65
	200							8/59			9/60			10/61				11/62			12/63
	180									8/53				9/54				10/55			11/56
	160									7/47					8/48				9/49		
	140													7/46					8/47		
	120													6/46						7/47	
	100																		5/44		
	80																		4/38		
Larges ailes	300						12/120		13/121		14/122		15/123		16/124		17/125		18/126		19/127
	260					10/120		11/121			12/122		13/123		14/124		15/125		16/126		17/127
	220									10/110			11/111			12/112		13/113		14/114	
	200													10/100			11/101			12/102	
	180																		10/100		
	175												7,5/80		8/80,5			9/81			10/82
	160												7,5/80		8/80			9/81			10/82
	140																			7/80	
	120																				

4	5	6	7	8	9	0,050	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,060	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,070	1	2
	15/67			16/68																								
	14/65				15/66																							
			13/58				14/59				15/60																	
	11/51				12/52					13/53																		
			10/49					11/50					12/51															
				9/19					10/50						11/51													
					7/46						8/47																	
	5/49								6/40								7/41							8/42				
13/129																												
15/115																												
14/104			15/105			16/106																						
			13/103			14/104			15/105																			
12/84			13/85			14/86																						
		12/84					13/85				14/86																	
		9/82				10/83				11/84				12/85				13/86					14/87					
				7/71					8/72				9/73					10/74					11/75					12/76

Théoriquement, ces deux profils sont équivalents et peuvent se substituer l'un à l'autre dans les calculs de résistance ou de volume. Mais il faut bien remarquer que dans la pratique, le profil rectangulaire serait inadmissible.

Pour pouvoir appliquer les formules du chapitre I aux fers à plancher, il suffit de connaître dans quelles limites varie le coefficient de stabilité α des profils rectangulaires théoriquement équivalents aux profils des fers fournis habituellement par les usines.

Ce coefficient de stabilité α se calculera au moyen de la formule suivante :

$$\alpha = \frac{a}{b} = \frac{S^3}{36Z^2}.$$

Les fers à plancher les plus usités sont les fers I petites ailes ; et dans certains cas spéciaux, les fers Zorès. Les fers I larges ailes servent surtout pour renforcer la travure dans un endroit déterminé ; mais parfois aussi, quand on veut avoir une faible épaisseur, on s'en sert dans la totalité du plancher.

Les albums des usines fournissent pour une série de hauteurs de fer, les profils extrêmes minimum et maximum construits par l'usine. Entre ceux-là, on trouve une série de profils variant dans leurs dimensions de millimètre en millimètre.

Les tableaux précédents donnent les valeurs du coefficient de stabilité α du fer de section rectangulaire équivalent pour tous les fers I petites ailes et larges ailes construits couramment par les Forges de Franche-Comté (*Album de l'édition de 1883*).

Les valeurs de α se trouvent en millièmes sur la première ligne horizontale, en tête des tableaux. La première colonne verticale donne les hauteurs des fers de l'usine. A l'intérieur du tableau, chaque fraction indique par son numérateur l'épaisseur de l'âme et par son dénominateur la largeur de la semelle, en mm.

Les valeurs de α pour les fers Zorès coniques ou tronqués (nos 91 à 100 de l'album) varient entre les limites suivantes :

$$0{,}04306 \quad \text{et} \quad 0{,}07828.$$

Ces résultats et ceux consignés dans les deux tableaux précédents montrent qu'on peut admettre en nombres ronds pour limites du coefficient de stabilité des fers à plancher, les valeurs

$$0{,}025 \quad \text{et} \quad 0{,}075.$$

Si l'on compare ces limites à celles qui sont usuelles pour le bois, à savoir

$$\frac{1}{3} \quad \text{et} \quad \frac{1}{1},$$

on voit que dans les deux cas, le coefficient de stabilité varie du simple au triple.

Ces données permettent facilement de comparer entre eux les planchers en bois et en fer.

On sait en effet, par le théorème III, que les planchers, dont toutes les poutres formées de la même matière ont le même coefficient de stabilité, ont un volume proportionnel à la racine cubique de $\frac{\alpha}{r^2}$. Ce théorème permet d'établir le tableau suivant :

	COEFFICIENT de stabilité α.	VOLUMES comparés.
Planchers en fer ($r = 8000000$).		
Fers I minimums	0,025	0,052
Fers Zorès minimums	0,040	0,061
Fers I ou Zorès maximums	0,075	0,075
Planchers en bois ($r = 600000$).		
Bois rectangle minimum	$\frac{1}{3}$	0,693
Bois rectangle moyen	$\frac{2}{3}$	0,874
Bois rectangle maximum	$\frac{1}{1}$	1,000

Ce tableau montre que le volume des planchers en fer est environ le quatorzième du volume des planchers en bois correspondants. Or, la densité du fer (7,8) étant environ treize fois celle du bois (0,6), il en résulte que les planchers en fer sont un peu plus légers que les planchers en bois.

A volume égal, le prix du fer est environ 25 fois celui du bois (0,40 fr le kg pour le fer mis en place, 123 fr. le m³ pour le bois de charpente mis en place).

Les planchers en fer coûteront donc près de deux fois plus cher que les planchers en bois. Cet inconvénient est compensé par l'incombustibilité des planchers en fer, par leur durée, et enfin par la possibilité d'atteindre de plus grandes portées.

Nous allons maintenant montrer sur des exemples particuliers l'emploi de nos formules dans le cas de planchers en fer.

1° Plancher d'une chambre de caserne, type du 20 mars 1875.

L'écartement des solives en fer varie généralement de 0,80 m à 1 m.

L'inégalité (5) donne pour limite d'emploi entre la travure simple et la travure composée, en faisant $d = 1{,}00$ m :

$$l = 6{,}52 \text{ m.}$$

Or, 6,50 m étant précisément la largeur d'une chambre de caserne, on aura tout intérêt en pratique à prendre une travure simple.

Les données du plancher sont

$$l = 6{,}50 \text{ m} \qquad \alpha = 0{,}025$$
$$L = 14{,}60 \text{ m} \qquad r_1 = 8\,000\,000$$
$$p = 500 \text{ kg} \qquad d = 1{,}00 \text{ m.}$$

La formule (1) permet de calculer le volume du plancher

$$V = 0{,}138 \text{ m}^3.$$

Le coefficient de stabilité pouvant varier du simple au triple, le volume pourra varier de 1 à 1,45, suivant les fers employés, c'est-à-dire atteindre

$$V = 0,635 \text{ m}^3$$

avec les fers maximums.

Le poids du plancher variera de 3416 kg à 4953 kg et son prix, à 0,40 fr. le kg, de 1 366 fr. à 1 981 fr.

2° Plancher de magasin.

Considérons le plancher d'un magasin ayant 15 m de largeur et une longueur de 60 m par exemple.

Ce plancher a été étudié dans le Cours de construction fait à l'École d'application par M. le chef de bataillon Petit, avec les données suivantes :

Charge par m², compris les poids morts .	1 440 kg
Espacement des solives	0,833 m

Nous les adopterons dans nos calculs.

La première question à résoudre est de déterminer la travure à employer : en faisant : $d = 0,833$ m, la formule (6) donne

$$5,43 \text{ m} < l < 22,77 \text{ m}.$$

La largeur du bâtiment étant de 15 m, on devra prendre une travure composée de poutres et solives.

Cherchons le volume minimum avec les données suivantes :

	Solives.	Poutres.
$l = 15$ m,	$\alpha_1 = 0,025$,	$\alpha_2 = 0,025$,
$L = 60$ m,	$r_1 = 8\,000\,000$,	$r_2 = 8\,000\,000$,
$p = 1440$ kg,	$d = 0,833$ m,	x écartement.

Les formules (2) donnent

$$V = 20,767 \text{ m}, \quad x = 3,662 \text{ m}.$$

Les fers de 15 m de longueur ne se font que sur commande. Dans l'établissement d'un magasin, rien ne s'oppose à l'emploi de colonnes.

Cherchons donc à composer le plancher de solives, poutres et colonnes. Nous supposerons que ces dernières sont cylindriques, pleines et en fer. Soit 5 m leur hauteur.

Les données du problème sont :

	Solives.	Poutres.	Colonnes.
$l = 15$ m,	$\alpha_1 = 0{,}025$,	$\alpha_2 = 0{,}025$,	$h = 5$ m,
$L = 60$ m,	$r_1 = 8000000$,	$r_2 = 8000000$,	$E = 20000000000$
$p = 1440$kg,	$d = 0{,}833$ m,	x écartement,	y écartement,

Les formules (13), (14), (15) donnent :

Écartement des poutres. . . . . $x = 2{,}166$ m
Écartement des colonnes . . . . . $y = 2{,}433$ m
Volume minimum. . . . . $V = 8{,}504$ m³,

Chiffre bien inférieur au précédent.

Si les conditions de convenance ne permettent pas de rapprocher autant les poutres et les colonnes, on partira des intervalles donnés ci-dessus et on les augmentera de la quantité nécessaire.

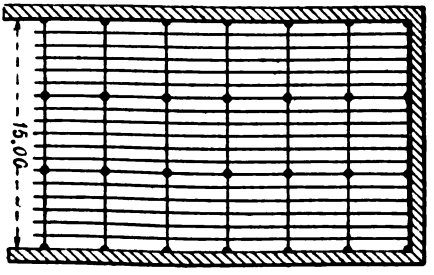


Fig. 14. — Hauteur de magasin avec poutres à 4 m et colonnes à 5 m $\left(\frac{1}{100}\right)$.

Ainsi, si l'on veut mettre les poutres à 4 m, les formules (10) et (11) montrent que le minimum possible dans ce cas est :

Volume minimum . . . . . $V = 9{,}549$ m³
Écartement des colonnes. . . . . $x = 2{,}307$ m

Enfin, si comme le propose le cours de l'École d'application, on met les poutres à 4 m et les colonnes à 5 m d'intervalle ; la formule (12) permet de calculer le volume total du plancher,

$$V = 10,812 \text{ m}^3.$$

Ces différents résultats sont réunis dans le tableau suivant qui indique en outre les poids et les prix :

Plancher de magasin. — Charge : 1 440 kg par m².

	ÉCARTEMENT des solives. m	ÉCARTEMENT des poutres. m	ÉCARTEMENT des colonnes. m	CUBES. m³	POIDS par m courant. kg	PRIX par m cour. à 0,40 fr le kg.	PRIX pour 60 m de longueur. fr
1° *Sans colonnes.*							
Minimum absolu. . . .	0,833	3,662	»	20,767	2 699	1 079	64 793
2° *Avec colonnes.*							
Minimum absolu	0,833	2,166	2,433	8,504	1 105	442	26 532
Minimum avec poutres à 4 m	0,833	4,000	2,307	9,549	1 241	496	29 792
Minimum avec poutres à 4 m et colonnes à 5 m. (fig. 14).	0,833	4,000	5,000	10,812	1 405	562	33 733
Équarrissages adoptés dans le cours de l'École d'application . .							
Solives de 33 kg. Poutres de 143 kg. Colonnes, 12 cm. . . .	0,833	4,000	5,000	11,261	1 464	586	35 184
Solives de 33 kg. Poitrail de 182 kg. Colonnes, 12 cm. . . .	0,833	4,000	5,000	12,738	1 656	662	39 742

Pour rendre ces derniers résultats comparables aux premiers, on a admis l'emploi de colonnes en fer pleines de 5 m de haut dont la section, donnée, soit par l'équation

d'équarrissage, soit par le tableau de la page 244 du Cours de construction, est de 12 cm. Une pareille colonne pèse 440 kg.

En résumé, on peut tirer de ce qui précède les conclusions suivantes :

Les planchers de volume minimum exigent en général des poutres ou des colonnes trop rapprochées les unes des autres pour que les convenances locales permettent de les adopter rigoureusement. Mais il y a grand intérêt au point de vue de l'économie à calculer ce volume minimum et à donner aux poutres et colonnes des écartements aussi voisins que possible de ceux trouvés par le calcul.

Cette manière d'opérer rendue facile par les formules établies plus haut, permettra de remplir toutes les conditions imposées par les convenances locales en réalisant la plus grande économie possible. On sait, en effet, que, dans le voisinage de son minimum, une fonction varie lentement. On peut donner à ses variables des valeurs assez différentes de celles qui fournissent le minimum strict de la fonction, sans que cette fonction s'écarte beaucoup de sa valeur minima.

CHAPITRE IV.

EXTENSION AUX TOITURES.

Nous avons vu plus haut comment on peut, dans les calculs de résistance des planchers, substituer à une poutre prismatique de section quelconque une poutre de section rectangulaire équivalente.

Cette manière d'opérer est susceptible de généralisation :

Supposons qu'au lieu de poutres en fer I, il s'agisse de poutres en fer à treillis, pouvant même avoir la forme d'arcs, ou encore de fermes placées sur des supports tels que des colonnes (fig. 15).

Dans ce genre de poutres, la section n'est pas constante : on y répartit la matière en quantité proportionnelle à la valeur en chaque point du moment fléchissant.

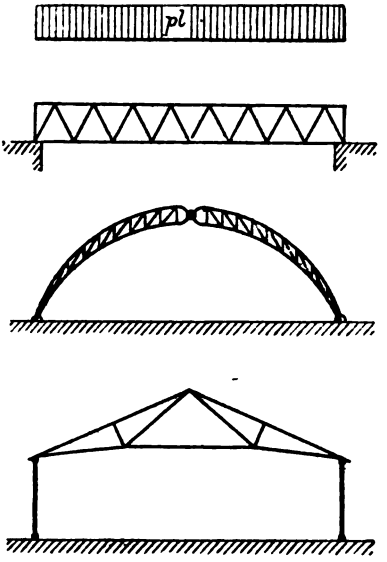


Fig. 1

On peut cependant leur substituer, en théorie, des poutres pleines rectangulaires de section constante, grâce au théorème suivant :

Théorème. — Étant donnée une poutre de forme quelconque, supportant une charge uniformément répartie pl, *il existe toujours une poutre prismatique pleine de section rectangulaire, ayant même longueur et même volume, et pouvant théoriquement supporter la même charge.*

Soient, en effet, a et b les côtés de la section rectangulaire de la poutre cherchée ; V, le volume de la poutre donnée.

Pour que les poutres aient même volume, il suffit qu'on ait

$$abl = V ;$$

Pour que la poutre cherchée puisse supporter la charge uniformément répartie pl, on doit avoir

$$\frac{ab^2}{6} = \frac{pl^2}{8r}.$$

De ces deux équations, on tire les valeurs de a et de b et celles du coefficient de stabilité α de la poutre donnée

$$a = \frac{4}{3} \cdot \frac{rV^2}{pl^4}; \quad b = \frac{3}{4} \cdot \frac{pl^3}{rV}; \quad \alpha = \frac{a}{b} = \frac{16}{9} \cdot \frac{r^2 V^3}{p^2 l^7}.$$

En appliquant la dernière formule à des constructions existantes, on pourrait calculer, pour chaque genre de poutres, une série de valeurs du coefficient α, et dresser des tableaux analogues à ceux donnés plus haut pour les fers à plancher du commerce.

Il est clair que, pour ces poutres où la matière est plus judicieusement répartie que dans les poutres de section uniforme, on trouvera des valeurs de α inférieures à celles trouvées plus haut pour les fers à plancher, et elles seront d'autant plus faibles que la disposition de la matière se rapprochera davantage du type théorique donnant l'égale résistance.

Si donc, on a affaire à de grandes constructions entièrement métalliques, telles que hangars, manèges, gares, marchés, palais, etc., dont l'ossature comprend en tout ou en partie les éléments suivants :

Fermes,
Pannes principales,
Chevrons,
Pannes de couverture,

il est très rationnel d'admettre que les coefficients de stabilité de chacun de ces éléments iront en croissant du premier au dernier.

Si ces coefficients : α_4, α_3, α_2, α_1 étaient connus, les formules établies dans le chapitre I donneraient immédiatement les moyens de calculer le volume minimum de la

construction et les écartements correspondants entre les différents éléments d'une même couche.

Or, on peut obtenir des limites supérieures de ces écartements sans connaître les coefficients de stabilité.

En effet, les formules qui donnent ces écartements (p. 327 et 328), deviennent, après y avoir fait

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4,$$

pour 2 couches de poutres :

$$(a) \qquad x^5 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 \frac{\alpha_2}{\alpha_1} dl^4 ;$$

pour 3 couches de poutres :

$$(b) \qquad x^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{27} \frac{\alpha_2 \alpha_3^4}{\alpha_1^8} d^5 l^{16},$$

$$y^{21} = \left(\frac{1}{4}\right)^{18} \frac{\alpha_3^5}{\alpha_1 \alpha_2^4} dl^{20} ;$$

pour 4 couches de poutres :

$$(c) \qquad x^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{171} \frac{\alpha_2 \alpha_3^4 \alpha_4^{16}}{\alpha_1^{21}} d^{21} l^{64},$$

$$y^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{150} \frac{\alpha_3^5 \alpha_4^{20}}{\alpha_1^5 \alpha_2^{20}} d^5 l^{80},$$

$$z^{85} = \left(\frac{1}{4}\right)^{81} \frac{\alpha_4^{21}}{\alpha_1 \alpha_2^4 \alpha_3^{16}} dl^{84}.$$

En outre, on a, d'après ce que nous avons dit plus haut,

$$\alpha_4 < \alpha_3 < \alpha_2 < \alpha_1.$$

Si l'on remarque que dans toutes les fractions qui renferment les coefficients α, les sommes des exposants sont égales dans le numérateur et dans le dénominateur, on en conclut facilement que toutes ces fractions sont plus petites que l'unité.

Or, si l'on suppose les coefficients de stabilité égaux dans toutes les parties de la construction, toutes ces fractions se réduisent à l'unité. On aura donc en faisant cette hypothèse, qui fait disparaître des formules tous les coefficients α des limites supérieures des écartements x, y, z, exprimés simplement en fonction de d et l.

EMPLACEMENTS DES CONSTRUCTIONS.	TYPES DES FERMES.	ÉCARTEMENTS.	PORTÉES l	ENTRAXES. Fermes.	Pannes principales.	Chevrons.	Pannes de couverture.	POIDS par m³ enveloppé.	FORMULES appliquées avec $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha'$
			m	m	m	m	m	kg	
1. Exposition de 1878.	Polonceau sur colonnes.	adoptés . .	25,00	5,00	2,00	»	»	3,81	
		calculés . .	»	6,566	»	»	»	»	(a)
2. Galerie des machines, 1878	de Dion, deux rotules .	adoptés . .	36,20	15,00	1,92	»	»	4,68	
		calculés . .	»	8,757	»	»	»	»	(a)
3. Palais des arts libéraux, 1889 . . .	Arc à trois rotules . .	adoptés . .	51,30	18,10	8,85	4,525	1,70	4,98	
		calculés . .	»	13,150	3,636	1,359	»	»	(c)
4. Galerie des machines, 1889 (travées courantes)	Arc à trois rotules. . .	adoptés . .	115,00	21,50	10,60	5,375	1,77	4,21	
		calculés . .	»	29,220	7,792	2,521	»	»	(c)
5. Galerie des machines, 1889 (travée centrale)	Arc à trois rotules. . .	adoptés . .	115,00	26,40	10,60	5,375	1,77	3,82	
		calculés . .	»	29,220	7,792	2,521	»	»	(c)

Comme vérification, nous avons appliqué ce mode de calcul aux grandes ossatures métalliques des expositions de 1878 et de 1889, qui passent pour réunir au plus haut degré jusqu'à présent obtenu, les qualités artistiques et économiques. (Tableau ci-contre.)

Les dimensions de ces palais sont extraites des *Nouvelles Annales de construction* d'Oppermann. Le poids par m³ enveloppé est emprunté à un tableau publié par M. Canovetti dans le *Génie civil* (numéro du 5 mai 1888). Cet ingénieur a eu soin d'éliminer les éléments étrangers aux comparaisons qu'il a faites : telles que les parois latérales, etc.

Occupons-nous d'abord de la comparaison des entraxes des fermes calculés d'après nos formules avec ceux adoptés par les constructeurs.

En calculant les différences entre les premiers et les derniers, on trouve :

DÉSIGNATION des CONSTRUCTIONS.	DIFFÉRENCES entre les ÉCARTEMENTS des fermes calculés et adoptés		POIDS par m³.
	en plus. m	en moins. m	kg
1. Exposition de 1878	»	1,566	3,81
2. Galerie des machines, 1878.	6,243	»	4,68
3. Arts libéraux, 1889	4,950	»	4,98
4. Galerie des machines, 1889 (travées courantes).	»	7,720	4,21
5. Galerie des machines, 1889 (travée centrale) .	»	2,820	3,82

Les deux constructions les plus économiques nos 1 et 5, qui n'utilisent que 3,8 kg de métal par m³ enveloppé, sont précisément celles dont les entraxes des fermes se rapprochent le plus des entraxes calculés, tout en leur restant inférieurs.

Pour les constructions numérotées 2 et 3, dont les entraxes dépassent de 5 à 6 m les entraxes calculés qui,

comme nous l'avons vu plus haut, sont des limites supérieures, la proportion de métal employé par m² est de 1 kg environ plus forte ; 4,8 kg en moyenne.

Elle est de 0,4 kg plus forte pour la construction n° 4 dont les entraxes sont de 7,72 m inférieurs à ceux indiqués par le calcul.

Il est donc probable que l'écartement des fermes qui aurait fourni le minimum de volume pour le palais des machines de l'Exposition de 1889 est voisin de celui que l'on a adopté pour la travée centrale. Il y aurait eu grand avantage à l'adopter pour toute la construction.

En résumé, on voit que l'observation des écartements des fermes sur ces ouvrages existants paraît vérifier les formules proposées.

Si l'on étend cette comparaison aux écartements des pannes principales et des chevrons, pour les nos 3, 4 et 5, on voit que partout les constructeurs ont admis des chiffres supérieurs à ceux indiqués par le calcul.

Les différences varient de 2,85 m à 5,20 m.

Une stricte économie exigerait qu'elles fussent réduites; mais il faut bien remarquer que ces derniers écarts ne peuvent occasionner qu'une faible dépense comparée à la dépense totale.

Nous avons vu, en effet (théorème I), que la matière doit se répartir dans les différentes couches de l'ossature proportionnellement aux termes de la série

$$4, \quad 1, \quad \frac{1}{4}, \quad \left(\frac{1}{4}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad .$$

Par conséquent, pour des ossatures comme celles étudiées sous les nos 3, 4 et 5, qui comprennent 4 couches, le volume des fermes sera représenté par

$$4 = \frac{64}{16}.$$

tandis que le volume du reste de la construction le sera par

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{21}{16}.$$

Les pannes principales, les chevrons et les pannes de couverture entrent dans la construction pour moins d'un quart du volume total, les trois autres quarts représentant le volume des fermes.

La comparaison des entraxes des fermes est donc de beaucoup la plus importante et peut à la rigueur suffire pour juger ces ossatures métalliques au point de vue économique.

Cette étude, que nous n'avons pu faire porter sur un plus grand nombre d'ouvrages faute de renseignements précis sur leurs dimensions et leurs poids, nous paraît cependant assez concluante pour justifier l'emploi de nos formules dans un avant-projet de grande ossature métallique.

En passant à l'étude du projet définitif, on tiendra compte des convenances locales pour modifier les écartements calculés ; mais pour obtenir une construction économique, on devra s'inspirer en même temps de la règle suivante :

Dans l'ossature d'un ouvrage, les écartements des différentes couches de poutres qui la composent, doivent s'approcher d'autant plus des écartements fournis par le calcul de la construction minimum, que la couche considérée est plus éloignée de l'aire à supporter.

H. Grison,
Capitaine du génie.

NOTE.

Les expressions algébriques trouvées dans les différents calculs de planchers minimums que nous avons étudiés, affectent la forme de monômes, aussi bien celles qui donnent le volume minimum de la construction, que celles qui fournissent les écartements des différents éléments.

Le théorème suivant montre qu'il en doit toujours être ainsi :

Théorème : *Étant donnée une fonction* V *de la forme :*
$V = A_1 x^{a_1} y^{a_2} \ldots z^{a_n} + A_2 x^{b_1} y^{b_2} \ldots z^{b_n} + \ldots + A_{(n+1)} x^{q_1} y^{q_2} \ldots z^{q_n}$
contenant n *variables* x, y, ... z, *et* (n + 1) *termes dans lesquels* A_1, A_2, A_3, A_{n+1} *sont des fonctions monômes de quantités connues, et tous les exposants des variables, des nombres quelconques entiers ou fractionnaires :*

1° Les valeurs de x, y ... z, *donnant le minimum de* V, *sont des monômes ;*

2° La valeur minimum de la fonction V *est une expression monôme ;*

3° Les valeurs des différents termes de la fonction V, *correspondantes au minimum de cette fonction, sont proportionnelles à des fonctions numériques formées au moyen des seuls exposants des variables.*

On peut facilement vérifier que les expressions des volumes des planchers étudiés rentrent toutes dans la forme générale donnée ci-dessus.

Bornons-nous au cas de trois variables x, y, z. Les raisonnements que nous allons faire s'appliqueraient dans tous les cas.

Soit donc

$$V = Ax^{a_1} y^{a_2} z^{a_3} + Bx^{b_1} y^{b_2} z^{b_3} + Cx^{c_1} y^{c_2} z^{c_3} + Dx^{d_1} y^{d_2} z^{d_3}.$$

Les valeurs de x, y, z, qui fournissent le minimum de V, s'obtiennent en prenant successivement les dérivées du second membre par rapport à x, y, z, les égalant à zéro et résolvant le système d'équations ainsi obtenu :

$$(1)\quad \begin{cases} a_1 Ax^{a_1-1} y^{a_2} z^{a_3} + b_1 Bx^{b_1-1} y^{b_2} z^{b_3} + c_1 Cx^{c_1-1} y^{c_2} z^{c_3} + d_1 Dx^{d_1-1} y^{d_2} z^{d_3} \\ a_2 Ax^{a_1} y^{a_2-1} z^{a_3} + b_2 Bx^{b_1} y^{b_2-1} z^{b_3} + c_2 Cx^{c_1} y^{c_2-1} z^{c_3} + d_2 Dx^{d_1} y^{d_2-1} z^{d_3} \\ a_3 Ax^{a_1} y^{a_2} z^{a_3-1} + b_3 Bx^{b_1} y^{b_2} z^{b_3-1} + c_3 Cx^{c_1} y^{c_2} z^{c_3-1} + d_3 Dx^{d_1} y^{d_2} z^{d_3-1} \end{cases}$$

Multiplions la première de ces équations par x, la seconde par y, la troisième par z, et posons

$$(2)\quad \begin{cases} x^{a_1} y^{a_2} z^{a_3} = u, \\ x^{b_1} y^{b_2} z^{b_3} = v, \\ x^{c_1} y^{c_2} z^{c_3} = s, \\ x^{d_1} y^{d_2} z^{d_3} = t, \end{cases}$$

u, v, s, t, étant des variables auxiliaires ; les équations (1) deviennent alors

$$(3)\qquad \begin{cases} a_1\,\mathrm{A}u + b_1\,\mathrm{B}v + c_1\,\mathrm{C}s + d_1\,\mathrm{D}t = 0, \\ a_2\,\mathrm{A}u + b_2\,\mathrm{B}v + c_2\,\mathrm{B}s + d_2\,\mathrm{D}t = 0, \\ a_3\,\mathrm{A}u + b_3\,\mathrm{B}v + c_3\,\mathrm{B}s + d_3\,\mathrm{D}t = 0. \end{cases}$$

Le système des équations (2) et (3) est équivalent au système d'équations (1).

Les équations (3) forment trois relations du premier degré entre les quantités

$$\frac{\mathrm{A}u}{\mathrm{D}t},\quad \frac{\mathrm{B}v}{\mathrm{D}t},\quad \frac{\mathrm{C}s}{\mathrm{D}t}.$$

On les résout immédiatement au moyen des déterminants :

$$(4)\quad \frac{\mathrm{A}u}{\mathrm{D}t} = \frac{\begin{vmatrix} -d_1 & b_1 & c_1 \\ -d_2 & b_2 & c_2 \\ -d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}},\quad \frac{\mathrm{B}v}{\mathrm{D}t} = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & -d_1 & c_1 \\ a_2 & -d_2 & c_2 \\ a_3 & -d_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}},\quad \frac{\mathrm{C}s}{\mathrm{D}t} = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & -d_1 \\ a_2 & b_2 & -d_2 \\ a_3 & b_3 & -d_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}.$$

En divisant, dans les équations (2), successivement les trois premières par la dernière, on obtient

$$(5)\qquad \begin{cases} x^{a_1-d_1}\,y^{a_2-d_2}\,z^{a_3-d_3} = \dfrac{u}{t}, \\ x^{b_1-d_1}\,y^{b_2-d_2}\,z^{b_3-d_3} = \dfrac{v}{t}, \\ x^{c_1-d_1}\,y^{c_2-d_2}\,z^{c_3-d_3} = \dfrac{s}{t}. \end{cases}$$

Le système des équations (4) et (5) est encore équivalent au système d'équations (1).

Or, il est facile de tirer des équations (5) les valeurs de x, y, z, en fonction de $\frac{u}{t}$, $\frac{v}{t}$, $\frac{s}{t}$, et sans faire les calculs, on peut voir que les expressions obtenues seront monômes.

En effet, pour éliminer z entre la première et la seconde, il suffit de les élever respectivement aux puissances $(b_3 - d_3)$ et $(a_3 - d_3)$ et de les diviser membre à membre.

En opérant de même pour éliminer z entre la deuxième et la troisième, on obtiendra deux équations en x et y de la forme

$$x^{\alpha_1} y^{\alpha_2} = \frac{\left(\frac{u}{t}\right)^h}{\left(\frac{v}{t}\right)^l}, \quad x^{\beta_1} y^{\beta_2} = \frac{\left(\frac{v}{t}\right)^m}{\left(\frac{s}{t}\right)^p},$$

dans lesquelles les exposants $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, h, l, m, n$, sont fonctions uniquement des nombres $a_1, a_2, a_3, \ldots\ldots d_1, d_2, d_3$.

On éliminera y entre ces deux équations en les élevant respectivement aux puissances β_2 et α_2 et les divisant membre à membre, et l'on trouvera une expression de la forme

$$x^\gamma = \frac{\left(\frac{u}{t}\right)^r \left(\frac{s}{t}\right)^q}{\left(\frac{v}{t}\right)^p},$$

γ, p, q, r étant encore des nombres fonctions des exposants numériques $a_1, a_2, a_3, \ldots\ldots d_1, d_2, d_3$.

Les expressions de x, y, z sont donc monômes ; et si l'on y remplace $\frac{u}{t}, \frac{v}{t}, \frac{s}{t}$ par leurs valeurs données par les équations (4), elles resteront évidemment monômes, puisque les déterminants qui forment les seconds membres de ces équations sont des nombres.

La première proposition est donc démontrée.

Pour démontrer la seconde, remarquons que, grâce aux équations (2), on peut mettre V sous la forme

$$V = Au + Bv + Cs + Dt,$$

ou

$$V = Dt\left[\frac{Au}{Dt} + \frac{Bv}{Dt} + \frac{Cs}{Dt} + 1\right],$$

ou encore

$$V = Dx^{d_1} y^{d_2} z^{d_3}\left[\frac{Au}{Dt} + \frac{Bv}{Dt} + \frac{Cs}{Dt} + 1\right].$$

Pour avoir le minimum de V, il faut remplacer x, y, z par leurs valeurs trouvées plus haut. Or, ces valeurs étant monômes, le produit $Dx^{d_1} y^{d_2} z^{d_3}$ restera monôme. Quant à la partie entre crochets, elle devient en vertu des équations (4) :

$$(6)\quad \left\{ \frac{\begin{vmatrix} -d_1 & b_1 & c_1 \\ -d_2 & b_2 & c_2 \\ -d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}} + \frac{\begin{vmatrix} a_1 & -d_1 & c_1 \\ a_2 & -d_2 & c_2 \\ a_3 & -d_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}} + \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & -d_1 \\ a_2 & b_2 & -d_2 \\ a_3 & b_3 & -d_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}} + 1 \right\}$$

c'est-à-dire une somme de nombres et par suite, un nombre.

Le minimum de V est donc donné par une expression monôme.

Enfin, il suffit de considérer la forme prise par la partie entre crochets pour que la troisième proposition devienne évidente : chacun des termes de la fonction V prend, quand cette fonction est minimum, une valeur proportionnelle au nombre correspondant dans l'expression (6).

Nous avons trouvé, dans le cours de ce travail, les relations numériques qui existent entre les volumes des différentes couches d'un plancher minimum ne contenant que des poutres.

Cherchons, comme application du précédent théorème, les relations analogues pour un plancher formé de solives, poutres et colonnes.

La fonction V est dans ce cas [formule (12) page 335] de la forme

$$V = Ax^{\frac{4}{3}} + Bx - \tfrac{1}{3}y^{\frac{4}{3}} + Cx^{-\frac{1}{2}}y^{-\frac{1}{2}}.$$

Elle contient deux variables et trois termes, et correspond à l'expression

$$V = Ax^{a_1}y^{a_2} + Bx^{b_1}y^{b_2} + Cx^{c_1}y^{c_2},$$

qui fournit évidemment pour la quantité analogue à l'expression (6)

$$\left\{ \frac{\begin{vmatrix} -c_1 & b_1 \\ -c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} + \frac{\begin{vmatrix} a_1 & -c_1 \\ a_2 & -c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} + 1 \right\}.$$

En faisant

$$\begin{cases} a_1 = \dfrac{4}{3}, & b_1 = -\dfrac{1}{3}, & c_1 = -\dfrac{1}{2}, \\ a_2 = 0, & b_2 = \dfrac{4}{3}, & c_2 = -\dfrac{1}{2}, \end{cases}$$

cette dernière expression devient

$$\left[\frac{15}{32}+\frac{12}{32}+1\right].$$

On peut donc énoncer le théorème suivant :

Théorème : *Dans un plancher formé de solives, poutres et colonnes disposées de telle sorte que le volume soit minimum, les volumes respectifs des solives, poutres et colonnes sont proportionnels aux nombres* 15, 12 et 32.

Quand le plancher ne renferme que des poutres dont l'écartement est donné, et des colonnes, nous avons vu [formule (9), page 334], que la fonction V est de la forme :

$$V = Ax^{\frac{4}{3}} + Bx^{-\frac{1}{2}},$$

qui correspond à l'expression

$$V = Ax^{a_1} + Bx^{b_1}.$$

L'expression entre crochets, analogue à (6), se réduit ici à

$$\left[\frac{-b_1}{a_1}+1\right].$$

En y faisant

$$a_1 = \frac{4}{3},\quad b_1 = -\frac{1}{2},$$

elle devient

$$\left[\frac{3}{8}+1\right],$$

et l'on peut énoncer le théorème suivant :

Théorème : *Dans un plancher formé de poutres et colonnes où l'écartement des poutres est fixé à l'avance, quand le volume du plancher est minimum, les volumes respectifs des poutres et colonnes sont proportionnels aux nombres* 3 *et* 8.

Ce rapport de 3 à 8, qui existe entre les volumes des poutres et des colonnes dans ce dernier cas, est égal au rapport de 12 à 32 que nous avons trouvé dans le premier. Qu'il y ait donc ou non des solives, dans un plancher minimum, le volume des poutres est les $\frac{3}{8}$ de celui des colonnes. H. G.

ÉTUDE SUR L'ÉTABLISSEMENT

DES

OUVRAGES DE FORTIFICATION

EN

SABLE BOULANT

AVANT-PROPOS.

Le *Mémorial de l'officier du génie* a publié (n° 27) une note de M. le capitaine Marcy, aujourd'hui commandant, sur la construction du fort de Bondues, à Lille.

Cette note est consacrée à la description des difficultés qu'on rencontre dans les terrains de sable boulant, et des procédés qu'on a dû employer, pour les surmonter, au fort de Bondues et dans la plupart des ouvrages de la place de Lille, autres que ceux du front sud de la place.

Elle serait complète sous tous les rapports, si l'auteur traçait des règles pour la conduite des travaux dans cette sorte de terrains; mais il déclare au contraire qu'il se gardera bien de le faire [1].

Son travail présente donc une lacune; nous nous proposons de la combler.

Comme, d'autre part, il émet l'opinion désolante (malheureusement justifiée par l'événement dans plusieurs ouvrages), que l'équilibre dans lequel on a réussi à mettre les travaux « doit être considéré comme éminemment instable [2] », on trouvera peut-être quelque intérêt pratique

1. Note du capitaine Marcy. Résumé et conclusions.
2. *Ibid.*

dans la publication de notre étude, bien qu'elle remonte à une époque déjà ancienne [1].

Nous démontrerons en effet que le sable argileux est éminemment perméable; et, partant de cette vérité fondamentale, nous établirons des règles, concernant :

1° La manière d'écouler l'eau ;

2° L'inutilité de drainer le dessous des fondations établies sur le sable, et la nécessité de pousser les fondations jusqu'au gravier, même quand les sables ne sont pas humides ;

3° La manière de mener les déblais dans ces sortes de terrains.

1. Cette étude est extraite du registre des expériences de la place de Lille (année 1882).

I. — Du mouvement de l'eau dans les sables boulants des environs de Lille.

1° *Constitution géologique du sol.*

Dans tous les forts de Lille où l'on a rencontré du sable boulant, on a trouvé que le terrain était constitué par la superposition constante de certaines couches d'épaisseur variable, ayant généralement les épaisseurs suivantes :

1° Terre végétale, de 0,30 à 0,50 m ;
2° Terre argileuse, de 0,50 à 1,50 m ;
3° Sable argileux, de 1,50 à 2,50 m ;
4° Gravier, quelques centimètres ;
5° Glaise bleue absolument imperméable; ou sable très argileux [1], diversement coloré et à peu près imperméable.

Ces épaisseurs varient d'ailleurs dans des proportions considérables. Sur certains points de Mons-en-Barœul, le sable argileux a 6 à 8 m d'épaisseur; à Vert-Galant, il n'y a pour ainsi dire pas de terre argileuse, mais le gravier n'a pas moins de 0,40 à 1,30 m; ailleurs, au contraire, on ne trouve que des traces discontinues de gravier.

Enfin, on verra par la suite qu'en règle générale il est extrêmement probable qu'il n'existe ni gravier ni sable dans une zone qui peut s'étendre à une trentaine de mètres à droite et à gauche des ruisseaux. Ce fait, reconnu vrai à Vert-Galant, a une importance capitale, parce qu'il suffit à expliquer la présence constante de l'eau dans le sable boulant.

1. A Vert-Galant, entre le gravier et la glaise bleue, on trouve une série de terrains tout à fait analogue à la série supérieure, c'est-à-dire composée comme elle de gravier en bas, de sable très fin et argileux en haut et de sable assez gros et non argileux dans la partie intermédiaire.

2° *Perméabilité des couches supérieures au gravier.*

En tout temps on trouve de l'eau dans le gravier ; généralement on en trouve aussi dans le sable. Comme on ne voit affleurer nulle part la couche de gravier, on en conclut que les couches supérieures au gravier sont perméables.

3° *Hypothèse de l'imperméabilité du sable argileux.*

Du fait énoncé ci-dessus, c'est-à-dire de la présence de l'eau dans le sable argileux, les premiers constructeurs des forts de Lille avaient pourtant tiré une conclusion toute contraire. Ils admettaient en principe que le sable boulant est presque imperméable et expliquaient par la capillarité tous les phénomènes observés.

Dans cette hypothèse, le sable, absorbant et retenant par la capillarité une énorme quantité d'eau, n'en laisse couler que quand il en est complètement saturé. Cette eau de saturation ou de constitution, qui produit toutes les difficultés du terrassement, existe en quantité variable en raison de la nature du sable. De là les expressions de bons et de mauvais sables. Le sable est bon à Englos ; il est bon sur le front de tête de Mons-en-Barœul et mauvais à la gorge ; il est mauvais à Bondues, très mauvais à Prémesques, si mauvais à Vert-Galant qu'on renonce à y descendre les déblais et qu'on décide de faire les fossés presque entièrement en remblai.

De là aussi la conception d'une nappe d'eau, dont le niveau, dépendant de la nature du sable, ne peut être connu que par l'observation laborieuse de ses variations annuelles[1].

---

1. Une pareille observation, faite à Vert-Galant du 1er septembre 1878 au 27 mars 1879, dans un certain nombre de puits de sondage, permit de déterminer la hauteur maximum de la nappe en divers points. Dans le projet définitif du fort, on tenait les fondations des fossés à 0,20 m au-

Remarquons qu'on n'a jamais rien tiré de cette théorie pour la prévision d'aucun fait, et que les qualifications diverses rappelées ci-dessus n'ont servi qu'après coup à exprimer les difficultés qu'on avait rencontrées dans les terrassements.

4° *La perméabilité du sable boulant est démontrée par l'expérience.*

L'expérience suivante est réalisable dans tous les terrains. Elle consiste à faire à l'époque de la sécheresse un trou de sondage dans du sable qui était boulant quelques semaines auparavant, à le remplir d'eau et à mesurer la vitesse d'abaissement de la colonne d'eau[1].

Cette expérience fut faite au printemps de 1879 à Mons-en-Barœul dans trois sondages tubés faits à l'emplacement de la caponnière. On n'en a pas conservé les résultats numériques, mais on peut affirmer que le niveau de l'eau baissait d'à peu près un centimètre à la minute.

Enfin, l'expérience faite en grand au fort de Vert-Galant est absolument convaincante. On y a enlevé pendant l'hiver 1881-1882 et en 1882 toute la couche de sable argileux, qu'on considérait autrefois comme le plus mauvais sable des forts de Lille. Or, l'entrepreneur ne prenant plus la peine d'assurer l'écoulement des eaux de pluie, il se formait après chaque pluie des mares, dont les eaux s'écoulaient très rapidement au travers de la couche de sable argileux.

---

dessus de cette nappe. Or, les travaux exécutés depuis ayant eu pour résultat de supprimer la nappe d'eau, on aurait pu abaisser les fossés de 3 m environ. En fait, on les a abaissés d'environ 2 m, et cette seule modification a produit une économie de 300 000 fr.

1. Il est évident que cette vitesse dépend, non seulement de la perméabilité du sable, mais encore : 1° du niveau des eaux souterraines, 2° de la hauteur de la colonne d'eau.

5° *Autres propriétés du sable argileux. — Hypothèse sur sa constitution physique.*

Le sable argileux n'est pas homogène. Tantôt il est panaché et présente dans sa masse des noyaux d'une couleur plus ou moins foncée; tantôt il est stratifié par couches de sables plus ou moins purs.

En règle générale, à Vert-Galant, la richesse du sable en argile augmente à mesure qu'on descend d'un sommet vers un thalweg; elle diminue à mesure qu'on descend sur une verticale. On a trouvé que le sable le plus argileux renfermait environ un dixième d'argile et neuf dixièmes de sable.

Le sable argileux, quelle que soit sa teneur en argile, et même le sable pur qu'on trouve mélangé au gravier sont susceptibles de devenir fluents quand ils renferment de l'eau et qu'on les met à nu : à cet état on les appelle sables boulants [1]. Mais il est certain qu'à l'état naturel, quelle que soit la quantité d'eau qu'ils renferment, ces mêmes sables conservent les propriétés d'un solide. S'il en était autrement, en effet, c'est de la boue et non pas de l'eau qu'on trouverait dans le gravier.

On se rend à peu près compte des effets de l'eau dans le sable argileux par l'hypothèse suivante : à l'état naturel, il serait constitué par des tubes capillaires dont les parois auraient une épaisseur comparable au diamètre des tubes et seraient tapissées d'un vernis argileux imperméable.

Cette hypothèse explique la perméabilité du sable argileux; les sources qui jaillissent toujours verticalement de bas en haut et jamais dans une direction inclinée, enfin la désorganisation qui se produit dans le terrain au moment de l'exécution des déblais.

---

1. Cette propriété est exclusivement une conséquence : 1° de la finesse du grain de sable; 2° de la vitesse de l'eau qui s'en échappe. Les chiffres cités plus loin donneront une idée de cette vitesse.

En effet, quand on commence à pénétrer dans le sable humide, on enlève facilement les premiers fers de louchet et les talus tiennent d'abord verticalement. Mais bientôt le pied du talus se ramollit et devient de la boue; et tout d'un coup il se détache de la paroi un bloc de terre qui s'affaisse petit à petit et semble fondre en boue par le pied. La surface de séparation d'avec la terre ferme est toujours à peu près verticale et parallèle au talus. Si l'on enlève cet éboulement, un instant après il s'en produit un autre entièrement semblable et le talus va toujours se creusant davantage et restant à peu près vertical. Or, l'hypothèse ci-dessus explique tout cela très facilement. En effet, le déblai fait, la paroi des tubes du côté du vide se rompt sous l'effort de la pression intérieure de l'eau qui remplit les tubes, et la rupture a nécessairement lieu au niveau du déblai, puisque c'est là que la pression est le plus forte. Il se produit donc sur une certaine profondeur une séparation horizontale avec épanchement d'eau et formation de boue; puis le bloc, qui n'est plus soutenu par le pied, se détache du talus; et naturellement aussi la surface de rupture est une surface réglée dont les génératrices sont verticales, comme les tubes du terrain.

6° *Propriétés du gravier.*

La grosseur du gravier varie depuis celle du sable jusqu'à celle d'un œuf. On a trouvé à Vert-Galant des conglomérats mesurant plusieurs décimètres cubes. En général, la couche de gravier n'a que quelques centimètres; mais à Vert-Galant elle atteint 1,30 m d'épaisseur.

On y trouve des filons de terre glaise d'une faible étendue[1].

La propriété essentielle du gravier est d'être perméable

1. Ce gravier est très riche en débris fossiles : os et dents d'animaux (requin, cheval, éléphant), coquillages, vertèbres de poissons. Entre le gravier et le sable bleu sous jacent on a trouvé de la tourbe.

en tous les sens et par conséquent de permettre à l'eau qui a traversé le sable argileux de courir sur la surface imperméable située sous le gravier.

7° *Cause de la présence de l'eau dans le sable argileux.*

Des propriétés ci-dessus énoncées, on conclut que, si la couche de gravier était en communication facile avec un ruisseau, on ne trouverait pas d'eau dans le sable argileux.

Or, on a constaté à Vert-Galant que le lit du ruisseau est formé par la couche imperméable, et l'on a même vu déboucher dans les talus des sources qui venaient évidemment du gravier.

Donc s'il existe de l'eau dans le sable argileux, en d'autres termes si ce sable est boulant, cela tient uniquement à ce que la couche de gravier s'arrête avant d'arriver au ruisseau.

Cette conclusion est générale, et l'on ne peut pas admettre que la couche de gravier manque d'une façon absolue. Car si ce n'est du gravier proprement dit, il doit toujours exister quelque chose qui en remplisse la fonction, c'est-à-dire qui permette à l'eau, une fois arrivée à la couche imperméable, de courir en tous sens sur cette couche, et de s'y réunir dans les thalwegs pour de là s'échapper dans les ruisseaux : autrement le sol ne serait qu'un marécage. D'ailleurs, en fait, on a trouvé du gravier partout : à Mons-en-Barœul, à Bondues, à Prémesques et à Englos[1].

Donc, la seule cause générale de la présence constante de l'eau dans le sable argileux consiste, non pas dans l'imperméabilité de ce sable, mais dans l'interruption partielle ou totale de la couche de gravier, interruption qui présente à l'écoulement de l'eau un obstacle pareil à celui que produit une digue ou mieux une vanne.

---

1. Cette couche de gravier serait, d'après les géologues, la base du terrain quaternaire ; elle existerait partout.

8° *Observations faites au fort de Vert-Galant.*

La conclusion ci-dessus est entièrement confirmée par les observations faites à Vert-Galant. On y a fait des dé-

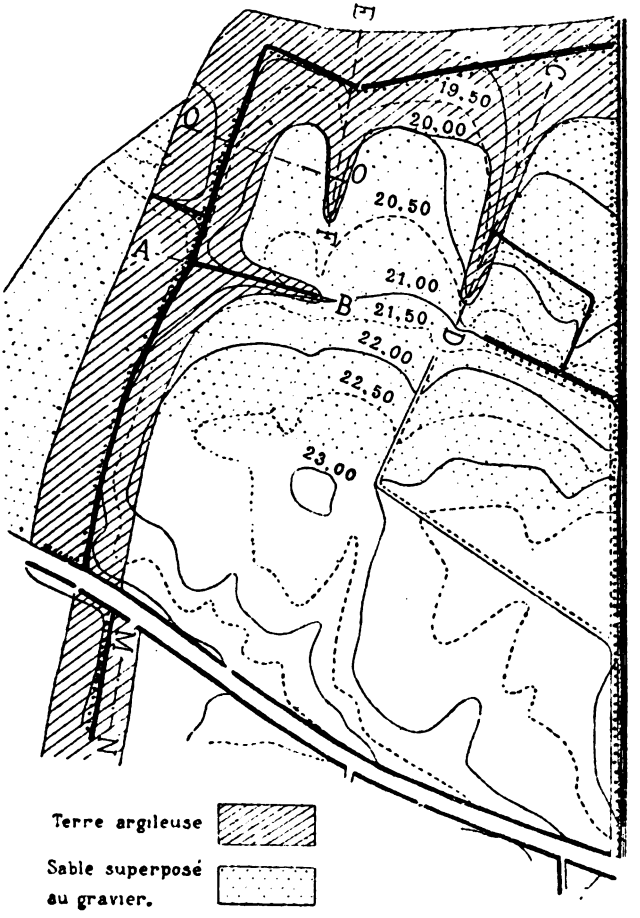


Fig. 1. — Plan du terrain étudié $\left(\frac{1}{100}\right)$.

blais sur un terrain de plusieurs hectares en pente vers la vallée de la Lys, et bordé par un ruisseau sur une longueur de plus de 500 m (fig. 1).

Voici ce qu'on y a trouvé :

1° Le lit du ruisseau se trouve sur la couche imperméable ; toutes les couches du terrain sont inclinées dans le même sens vers le ruisseau ;

2° Les talus du ruisseau sont plus raides que 2/1. Il n'existe ni gravier ni sable, argileux ou non, dans une zone de 20 à 30 m à droite et à gauche du ruisseau [1] ;

3° De même, il n'existe ni sable ni gravier dans les thalwegs du petit fossé AB et de la dépression CD.

Au contraire, il existe un peu de gravier dans la dépression EF (fig. 1).

4° Partout ailleurs, on trouve une couche de gravier ayant de 0,40 à 1,30 m d'épaisseur. Le gravier fut trouvé le plus épais et le plus pur dans la partie avoisinant le sommet [2] ;

5° La figure 2 donne la configuration des couches ;

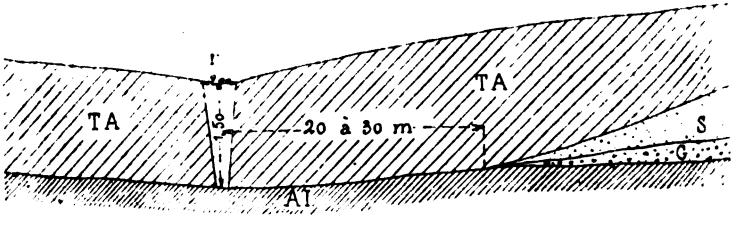


Fig. 2. — Coupe géologique. ($\frac{1}{100}$ pour la hauteur, $\frac{1}{200}$ pour la longueur).
TA, terre argileuse. — AI, argile inférieure. — S, sable. — G, gravier.

6° Pour assécher le terrain, on a ouvert des tranchées qui ont mis en communication la couche de gravier avec le ruisseau ; et l'asséchement a été si complet que sur tout le front de tête, soit sur 200 m de développement, on a

1. Il n'est pas douteux cependant que les eaux ne puissent trouver quelques canaux, des traces de gravier, par exemple, pour arriver au ruisseau.

2. Il résulte de sondages faits dans le terrain non déblayé et sur des pentes qui ne regardent pas la Lys, que l'épaisseur de la couche du gravier s'y réduit à quelques centimètres.

pu tailler, presque à pic et sans aucun accident, dans le sable argileux qui autrefois était boulant, des talus de 2,50 à 3 m de hauteur, surmontés d'une surcharge de 1,50 à 2,50 m de terres végétales en dépôt.

9° *Vitesse de l'asséchement à Vert-Galant.*

Quand on a fait les fossés en septembre et octobre 1880, on a vu se produire l'asséchement rapide du terrain, même par les temps de pluie, au moyen d'un drain descendu à 0,80 m au-dessous du fond du fossé.

Ce résultat se trouve expliqué par les observations faites antérieurement à l'ouverture du fossé et rapportées ci-dessous.

On avait fait dans l'axe du fossé du front de tête trois puits coffrés ayant 1 m² de section. Une fois descendu au gravier, l'eau y jaillit avec tant de violence qu'on n'y put continuer le travail. Cependant on put, en enfonçant le louchet, apprécier par le changement de résistance l'épaisseur approximative du gravier; elle fut trouvée égale à 0,40 m.

Dans l'un des puits, le niveau de l'eau s'était élevé de 0,60 m en une demi-heure. Quand il fut établi invariablement dans chacun, on trouva que sa hauteur au-dessus de la couche argileuse était à peu près constante et égale à 1,20 m.

On peut se faire une idée de la puissance du drainage naturel formé par la couche de gravier supposée en libre communication avec le ruisseau, au moyen du calcul suivant, auquel il convient d'ailleurs, cela va sans dire, de n'attribuer qu'une valeur toute relative.

Le débit de 0,6 m³ correspond à une surface de 1 m², à une durée de 30 minutes et à une charge de 0,50 m (moyenne entre la charge initiale 0,80 m et la charge finale 0,20 m). Les écoulements par filtration étant pro-

portionnels aux différences de charge, il résulte des chiffres ci-dessus que le débit par heure, par mètre carré de surface et par mètre de charge serait de

$$0{,}6\,\text{m} \times \frac{60}{30} \times \frac{1{,}00}{0{,}50} = 2{,}4\ \text{m}^3.$$

Supposons maintenant que la tranchée dans laquelle on avait placé le drain du fossé ait pu être ouverte instantanément.

Elle avait environ 250 m de développement, 0,40 m de largeur au fond, et elle était à peu près sur le gravier. D'après ce qui précède, le débit de cette tranchée, immédiatement après son ouverture, aurait été de

$$2{,}4 \times 250 \times 0{,}4 \times 0{,}8 = 192\ \text{m}^3$$

par heure, soit plus de 4 600 m³ par 24 heures.

En admettant que la surface du terrain drainé par la tranchée soit de 200 m à droite et à gauche, ce qui est certainement très exagéré, il eût fallu, pour maintenir le niveau de l'eau dans le terrain, qu'il tombât tous les jours l'énorme quantité de $\frac{4\,600}{400 \times 250} = 0{,}046$ m d'eau.

10° *Formes caractéristiques du terrain.*

Si l'on admet que le fait, certain à Vert-Galant, de l'absence ou de la réduction d'épaisseur du gravier et du sable dans le voisinage des thalwegs soit général, et qu'on doive l'attribuer à un entraînement par les eaux, on en conclut que le sol supérieur doit présenter un affaissement correspondant caractéristique. Le profil (fig. 3) a été relevé par points à Vert-Galant [1].

Or, dans tous les environs de Lille, à l'exception de la

1. La même forme régnait à peu près tout le long du ruisseau, excepté dans le voisinage de la route, dans la partie MN où le terrain semblait ne former qu'un seul plan des deux côtés du ruisseau. Or, les déblais faits en ce point ont montré que sur toute cette surface plane il n'y avait ni sable ni gravier.

région sud qui ne renferme pas de sables boulants, on trouve de nombreux fossés ou ruisseaux, affectant tous la forme du profil ci-dessous, avec des talus très raides. A première vue il y a donc une grande probabilité pour que les choses se passent partout comme à Vert-Galant.

Mais il est évident qu'il y a lieu d'établir à cet égard une distinction entre les fossés secs et les ruisseaux.

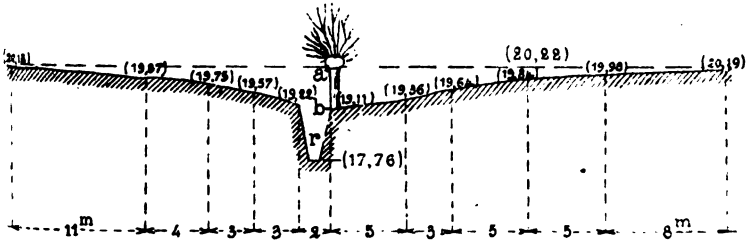


Fig. 3. — Profil suivant OO de la figure 1.
($\frac{1}{200}$ pour la hauteur, $\frac{1}{400}$ pour la longueur).

Si les premiers n'ont pas d'eau, c'est assurément parce qu'ils ne sont pas encore descendus sur la couche imperméable.

11° *Mesure approximative immédiate de la hauteur du sable argileux dans le voisinage d'un ruisseau.*

On fait passer tangentiellement au terrain des deux côtés du ruisseau *r* un rayon visuel qui coupe un saule en *a* (fig. 3).

La hauteur *ab* du point *a* au-dessus de la rive est égale approximativement à la hauteur du sable argileux et du gravier.

En effet en admettant que les formes primitives du terrain étaient continues des deux côtés du ruisseau, la hauteur *ab* représente l'affaissement dû à l'entraînement du sable et du gravier.

12° *Résumé.*

1° Le fond du ruisseau fait partie de la surface imperméable sur laquelle repose le gravier; il en occupe un thalweg. Il est évident que le ruisseau, en raison de sa vitesse et du peu de résistance du sous-sol, a pu creuser son lit dans ce dernier.

2° Le gravier existe partout, excepté dans une zone plus ou moins étendue des deux côtés du ruisseau.

Il en est de même du sable argileux.

3° Le sable argileux est très perméable.

4° L'eau de pluie, après avoir traversé les couches supérieures du sol, s'accumule dans le sable et le gravier comme dans une poche sans communication avec le ruisseau; ou plus exactement, elle s'élève derrière la digue qui la sépare du ruisseau comme le fait l'eau d'une rivière derrière une vanne.

5° Comme conséquence de ce qui précède, en ouvrant une communication à travers le massif isolant de terres végétales et argileuses jusqu'au gravier, on écoulera dans le ruisseau toutes les eaux souterraines jusqu'à hauteur de la couche imperméable.

6° Le profil dessiné plus haut (fig. 3) est caractéristique de la présence du sable boulant.

7° On peut mesurer rapidement, en opérant comme on l'a indiqué au n° 11, l'épaisseur approximative du sable boulant et du gravier dans le voisinage d'un ruisseau.

8° Par induction, on peut étendre à tous les terrains de même formation géologique les lois du mouvement de l'eau dans les terrains de Vert-Galant. Il ne peut y avoir que des différences secondaires, provenant de l'épaisseur des couches, de la grosseur des grains de sable et de gravier et du remplacement du ruisseau par une dépression quelconque.

II. — Principes généraux a observer dans l'étude et la construction d'un fort dans le sable boulant.

13° *Lever du sous-sol imperméable.*

On commencera par faire un lever exact du sous-sol imperméable : c'est là la base de toute étude. Les pentes de ce sous-sol étant dans le même sens que celles du terrain naturel, on en trouvera tout de suite les faîtes et les thalwegs. On déterminera exactement ces lignes principales par un nombre convenable de sondages ; les ruisseaux donnent les thalwegs mêmes du sous-sol.

Pour creuser rapidement les sondages, on pourra faire usage d'une barre à mine à allonges. Avec un peu d'habitude, on arrive avec cet instrument à reconnaître sans hésitation l'instant où l'on atteint la couche de gravier, et à en mesurer à peu près l'épaisseur. Quatre hommes peuvent faire un sondage de 3 à 4 m de profondeur en moins de 15 minutes.

Ces sondages feront connaître deux choses essentielles au projet :

1° La distance de la couche imperméable au-dessous du terrain naturel ;

2° L'épaisseur du gravier [1].

14° *Fondations des maçonneries.*

En général, on n'aura que peu ou point d'avantages à descendre les fondations des fossés au-dessous du gravier;

1. Si la couche du gravier avait une épaisseur considérable, plus de 0,20 m par exemple, on aurait de la peine à la traverser au moyen de la barre à mine. De même, on aurait de la peine à traverser plus de 1,50 m de sable argileux boulant. D'un autre côté, les grands sondages (puits, tranchées) peuvent ne donner que des résultats bien incertains. On en avait fait à Vert-Galant un assez grand nombre qui avaient à peine révélé l'existence du gravier.

au contraire, on y trouvera l'inconvénient certain de couper la couche drainante et de produire barrage aux eaux.

C'est ce qu'on évitera en tenant les fondations des escarpes et contrescarpes à 0,20 m au moins au-dessus de la couche imperméable. D'autre part, le gravier et le sous-sol imperméable ont une résistance à la compression bien supérieure au sable argileux : on descendra donc toutes les maçonneries (escarpes, contrescarpes, casernes) sur le gravier ou très près du gravier [1].

15° *Aqueducs et drains.*

On étudiera pour l'asséchement du terrain un système complet de drainage qui sera établi à hauteur de la couche imperméable : en le traçant convenablement, on n'aura jamais besoin ni d'approfondir les ruisseaux, ni de faire descendre les drains de plus de quelques centimètres dans la couche imperméable.

Ce système contiendra au moins un aqueduc dans les cours et un gros drain à emboîtement dans l'axe des fossés, avec les aqueducs d'évacuation nécessaires pour conduire les eaux sur les pentes ou dans les ruisseaux. Mais il pourra être beaucoup plus étendu et comprendre tout un réseau de drains dont les mailles seront d'autant plus serrées que le gravier sera moins épais et moins perméable.

Pendant l'exécution du lever du sous-sol, on aura soin de faire des observations analogues à celles qui ont été rapportées au n° 9, et par un calcul semblable à celui du même numéro, on vérifiera si l'espacement qu'on se propose de donner aux files de drains est convenable pour

---

1. *A priori*, tout terrain situé sous une couche de gravier doit présenter un bon fond ; car ce terrain a résisté à une épreuve sérieuse qui l'a débarrassé de tous les éléments meubles primitivement superposés. Cette épreuve est l'action directe des eaux diluviennes qui, en modérant leur vitesse, ont fini par déposer successivement tous les matériaux qu'elles portaient : gravier, sable gros et pur, sable argileux, etc.

Il y a cependant une exception, c'est lorsque sous le gravier se trouve de la tourbe.

obtenir l'asséchement voulu. Les drains seront toujours enveloppés soit de gravier, soit de scories. Il serait mauvais de les établir dans le sable argileux, parce que : 1° ce n'est pas là qu'est la veine d'eau ; 2° les sources de bas en haut qui amèneraient l'eau dans les drains y entraîneraient aussi du sable qui pourrait les colmater en fort peu de temps.

Le radier des aqueducs sera en béton maigre, mais très hydraulique. Car un radier en maçonnerie de briques serait beaucoup moins perméable ; et si le mortier n'était pas très hydraulique, la vitesse de l'eau et surtout l'entraînement du sable argileux pourraient en empêcher la prise.

On ne mettra jamais de drains sous les fondations des maçonneries quand elles seront dans le sable argileux ; on pourra trouver avantage à en mettre quand elles seront dans le gravier ; on en mettra toujours quand elles seront sur la glaise.

16° *Glacis.*

Généralement les fossés ne donneront pas assez de terres pour faire les remblais intérieurs du fort, et les glacis seront eux-mêmes en partie en remblai. On sera donc amené à acquérir des terrains pour y faire des emprunts.

On prendra toujours autour du fort une zone de terrain suffisante pour qu'on puisse prolonger le plan des glacis jusqu'à la couche imperméable, de manière qu'une fois les déblais terminés, il ne puisse plus entrer dans le fort que les eaux de pluie tombées directement sur le terrain militaire et dont une bonne partie sera écoulée dans les aqueducs avant même d'avoir pénétré le sol.

17° *Remblais.*

Avant de faire aucun remblai dans l'intérieur du fort, on réglera le sol suivant des plans sur lesquels on répandra une couche uniforme de 0,05 à 0,10 m de scories.

Dans les noues on creusera des tranchées descendues au moins jusqu'au sable et qu'on remplira aussi de scories. Ce système de tranchées se liera avec le drainage exposé au n° 15.

Si, dans l'exécution des remblais, on est amené à faire reposer des couches très perméables sur d'autres qui le sont moins, comme la séparation constituera une ligne de suintement, on assurera l'écoulement des eaux en interposant entre le massif du remblai et le revêtement en terres végétales un filtre en scories ou gravier selon la méthode de M. Bruère.

18° *Du danger que l'on court à couper la couche de gravier.*

La couche de gravier n'a généralement que quelques centimètres d'épaisseur, et elle peut être constituée par du gravier assez fin.

Or, l'eau qui s'en échappe a une vitesse croissante avec la charge.

Si l'on calcule cette vitesse par la formule $V = \sqrt{2gh}$ (laquelle, il est vrai, n'est pas exacte dans le cas particulier, parce que l'écoulement a lieu par filtration dans des tubes capillaires), on trouve que cette vitesse serait :

1 m à peu près	pour une	charge	de 0,05 m.
2 m	—	—	de 0,20 m.
3 m	—	—	de 0,30 m.

Il ne sera pas rare de rencontrer dans le sable boulant des hauteurs d'eau plus considérables.

On comprend donc qu'en coupant le gravier, on a de grandes chances pour que les eaux de suintement en entraînent une quantité notable, ce qui produira :

1° Un vide dans la couche du gravier ;

2° Un éboulement de sable qui comblera ce vide et par suite bouchera la veine.

Un seul orage suffirait à produire ce résultat, même après que le talus recoupé aurait été revêtu.

Le suintement étant arrêté, les eaux doivent nécessairement s'élever dans le terrain jusqu'au moment où elles acquièrent une pression assez forte pour déterminer un éboulement.

Cette observation fait voir qu'il n'y a pas besoin, pour expliquer les éboulements dans cette sorte de terrains, de recourir à l'hypothèse des glissements de masse sur la surface de la glaise ; et que si l'on soutient par un revêtement en maçonnerie un talus recoupé jusqu'au-dessous du gravier, il sera prudent de calculer l'épaisseur du mur comme s'il avait à supporter une masse liquide d'une hauteur égale à celle du sable boulant.

19° *Marche à suivre dans l'exécution des travaux.*

On entamera les travaux dans l'ordre suivant :

1° L'aqueduc ou les aqueducs collecteurs ;

2° Le drainage du massif intérieur (drains et aqueducs) et du dessous des remblais. On fondera en même temps toutes les maçonneries intérieures ;

3° Les déblais des fossés. On les commencera toujours en partant de l'aqueduc collecteur. Ils ne présenteront rien de particulier jusqu'à ce qu'on arrive au sable boulant. Arrivé là, on descendra une tranchée coffrée de 1 m de largeur jusqu'au gravier, en procédant par une seule attaque à partir de l'aqueduc. Comme l'assainissement se produit à mesure de l'avancement de la tranchée, ce travail présentera une difficulté à peu près constante, quelle que soit la saison.

La tranchée faite, il suffira de quelques jours pour obtenir un asséchement complet du sable argileux.

On achèvera les déblais de la manière ordinaire et on posera ensuite définitivement le drain central des fossés.

G. Leblanc,
Capitaine du génie.

SUR LA CONSTRUCTION

D'UN

CHEMIN DE FER TRANSSAHARIEN

ET SUR

LES INSTALLATIONS DESTINÉES A LE PROTÉGER.

§ 1er. — De la nécessité d'une pénétration progressive.

Tant que la question du transsaharien restera ouverte, il ne peut être sans intérêt de faire connaître les différentes solutions proposées pour sa construction.

Nous croyons donc pouvoir livrer à la discussion les renseignements purement techniques que M. le général Philebert nous avait demandés lorsqu'il préparait son travail sur ce même sujet.

Le but est de relier nos possessions méditerranéennes aux vastes territoires du Sénégal et du bassin du Niger, sur lesquels nous pouvons étendre notre influence civilisatrice.

L'immense développement de la voie, la stérilité des régions à traverser, l'hostilité fanatique des populations clairsemées qui exercent leur tyrannique autorité sur les lignes que suivent les caravanes, ne nous permettent qu'une pénétration lente, persistante, suffisamment appuyée pour repousser toutes les agressions tout en découvrant nettement le but poursuivi et notre ferme intention d'imposer par la force le prestige de nos armes et le respect du droit des gens.

Nous vengerons ainsi, tôt ou tard, l'échec infligé à la mission Flatters.

Nous n'avons ici à discuter ni le point de départ, ni le

point d'arrivée. Le premier sera Aïn Safra ou Ouargla, le second Tombouctou ou le lac Tchad, peu importe, parce que les voies et moyens seront toujours semblables. Des considérations purement politiques peuvent seules influer sur le tracé à adopter.

§ 2. — Intervalles à adopter entre les stations gîtes d'étapes.

Quel que soit le tracé suivi, il importe de bien fixer les intervalles à adopter entre les stations successives.

Celles-ci doivent autant que possible correspondre aux points où se trouve l'eau, et à des distances telles les unes des autres qu'on puisse les franchir dans un temps limité.

En principe, nous admettrons que les intervalles entre les stations gîtes d'étapes successives soient une fonction simple du temps à consacrer au parcours et de la vitesse de marche.

En désignant par V cette vitesse,

T le temps consacré au parcours,

I l'intervalle entre les stations,

la fonction la plus simple qui relie ces éléments sera

$$I = VT.$$

Prenons une troupe d'infanterie qui, dans une journée, peut consacrer cinq ou six heures à la marche et parcourir environ 4 km à l'heure ; l'intervalle I variera entre 20 et 24 km. C'est tout ce qu'on peut exiger moyennement d'une pareille troupe.

La vitesse de la cavalerie pouvant atteindre 8 km à l'heure, si on consacre à la marche un temps égal, les intervalles entre les stations pourront varier de 40 à 48 km.

Nous parlons, bien entendu, des marches normales et continues.

Une voie ferrée à traction de chevaux ne donnera de parcours qu'entre les mêmes limites.

Si l'on admet la traction mécanique, la vitesse pourra sans difficulté être portée de 15 à 20 km ; par suite, l'intervalle entre les stations pourra varier de 75 à 120 km.

L'emploi de cette traction permettra même de franchir des intervalles plus considérables, pouvant atteindre de 150 à 200 km ; puisqu'on pourra, sans inconvénient, consacrer un plus grand nombre d'heures au parcours, tout en n'exploitant que de jour.

La nécessité de construire la voie pendant une saison déterminée, dont il sera question au paragraphe suivant, pourra seule intervenir pour réduire ces intervalles.

C'est là le point important de notre exposé, parce que les renseignements recueillis au cours des deux missions Flatters, bien qu'imparfaits, permettent d'espérer que dans ces limites il sera toujours possible de trouver l'eau, dans l'hypothèse particulière d'une pénétration vers le lac Tchad, en partant de Ouargla et en remontant par l'Igharghar.

§ 3. — De l'exécution des tronçons successifs.

Les deux points admis de la pénétration successive et de l'espacement variable des stations, il convient d'examiner les procédés d'exécution de la voie et des stations.

Occupons-nous d'abord de la voie.

On peut admettre qu'en raison des difficultés climatériques, on ne pourra guère annuellement consacrer à son exécution plus de cinq mois de l'année, entre la fin de novembre et le commencement de mai.

Or, l'intervalle admis, variant entre 75 et 120 km, exigera, pour être franchi par une voie provisoire comme le porteur Decauville, environ deux mois. C'est ce qui résulte de l'expérience faite en 1881 entre Sousse et Kairouan, parce qu'on peut arriver aisément à poser 2 km de voie chaque jour.

Les travailleurs, devant opérer en toute sécurité et ne prendre les armes que pour leur défense rapprochée, seront protégés par une garde permanente qui les accompagnera au cours de leur mission, et par la présence, pendant toute la durée, d'une colonne de protection qui se portera dès le début au point terminus du tronçon.

Cette colonne devra être pourvue de moyens propres de ravitaillement. Il semble que sa composition puisse se restreindre à deux compagnies d'infanterie, un escadron de cavalerie ou même, comme l'a proposé Flatters, d'un escadron monté sur mehara, et d'une section d'artillerie. Son convoi propre comprendra des chameaux et des voitures légères analogues aux arabas employées en Tunisie. Nous verrons plus loin les avantages de cette double composition.

Reprenons l'organisation de la voie.

Soient A, B, C, D quatre stations successives. Nous consacrons la première saison à l'exécution d'une voie provisoire entre le point de départ A et la première station B. L'intervalle peut être franchi en deux mois.

En même temps, nous organisons la station B.

Les trois autres mois sont consacrés au transport du matériel destiné, pendant la seconde période, à l'ouverture de la voie provisoire entre B et C et à l'installation de la seconde station.

Nous montrerons par des chiffres qu'on peut également, au cours de cette première période, déposer le matériel de la voie définitive à substituer pendant la seconde période à la voie provisoire du premier intervalle AB.

Pendant la seconde période, c'est-à-dire la seconde année, nous exécuterons l'intervalle BC, et nous substituerons la voie définitive à la voie provisoire du premier intervalle AB, le matériel de cette dernière sera porté à la deuxième station C. Et ainsi de suite.

L'examen du poids et du temps nécessaire au transport du matériel fera l'objet de notre dernier parágraphe.

Auparavant, occupons-nous de l'organisation de chaque station tête d'étapes.

§ 4. — Organisation des stations têtes d'étapes successives.

On doit chercher à placer la garnison de chaque station à l'abri des surprises ou attaques de vive force, en disposant l'obstacle de façon à le rendre indestructible et infranchissable par les moyens dont peuvent disposer les indigènes.

Or, un parapet en terre, précédé d'une grille défensive telle que celles en usage pour la défense de nos ouvrages de fortification, satisfera certainement à ce double but (fig. 1).

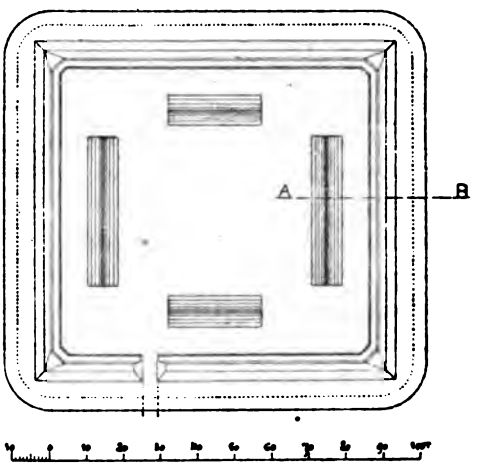


Fig. 1. — Croquis de l'organisation défensive de la station tête d'étapes $\left(\frac{1}{2000}\right)$.

Quant à l'effectif de la garnison, il semble suffisant, eu égard au rôle purement défensif qui lui est dévolu, de le restreindre à celui d'une compagnie de 100 hommes environ, bien choisis, bien résolus, bien disciplinés. On pourra y joindre quelques cavaliers sur mehara pour la

transmission de la correspondance ou quelques reconnaissances accidentelles.

Le casernement doit comprendre le logement des hommes ainsi que les magasins destinés à l'approvisionnement des vivres et des munitions pour la période comprise entre mai et novembre.

On reproduit (fig. 2) un dispositif employé par la marine pour les pavillons des hôpitaux du Tonkin.

Chaque pavillon comprend un rez-de-chaussée réservé aux magasins et un étage affecté au casernement.

Un des pavillons sera réservé aux officiers, les autres à la troupe.

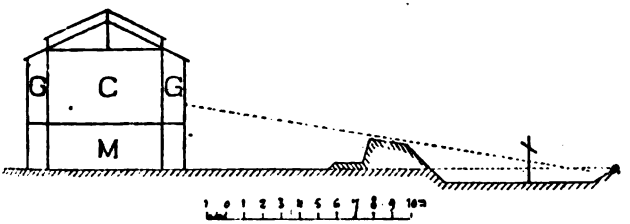


Fig. 2. — Profil suivant AB $\left(\frac{1}{100}\right)$.
M, magasin; C, casernement; G, G, galeries.

Les étages seront entourés de galeries qu'on pourra clore par des volets crénelés, en tôle, de façon que chaque bâtiment constitue un réduit.

L'emploi de la grille défensive présente en outre l'avantage d'étendre les vues et de ne pas créer, comme le mur crénelé, un véritable préau de maison de correction, tout en étant aussi économique et plus facile à installer.

L'évaluation approximative du poids total de la grille et des charpentes des pavillons peut s'établir ainsi qu'il suit :

Le mètre courant de grille pèse environ 150 kg.

Le développement maximum est de 400 m.

Le poids total ne dépassera donc pas. . . . . 60 t

Chaque ferrure des pavillons pèse environ 800 kg.

L'espacement est de 1,50 m.

Il y a deux pavillons de 40 m de longueur, deux autres de 25 m. Le nombre total des fermes sera de 90.

Par suite, le poids approximatif ne dépassera pas . . . . . 72 t

Soit pour le gros œuvre. . . . . 132 t

Si l'on tient compte des divers éléments complémentaires, comme les tôles des volets, des couvertures, les portes, les planchers, on verra que le chiffre total ne dépassera pas 250 t.

Cette remarque nous sera utile au paragraphe suivant.

§ 5. — Convois et transport du matériel.

Nous avons dit que la colonne de protection devait, dès le début, se transporter au point d'arrivée. Elle emploiera à cet effet 6 ou 7 journées. On la reliera au point de départ ou au camp des travailleurs chargés de poser la voie, par un fil télégraphique.

La colonne de protection devra être ravitaillée par son propre convoi composé de chameaux. Elle possédera en outre un convoi d'une centaine de voitures légères. Ces dernières peuvent porter environ 400 kg chacune, soit 40 tonnes à chaque voyage.

On sait que les chameaux transportent difficilement des matériaux, tels que les fers des charpentes, madriers. On assurera donc le transport de ces matériaux au moyen de voitures.

Comme le poids total du gros œuvre des stations têtes d'étapes est d'environ 250 tonnes, comme les grilles et les ossatures des bâtiments se composent de pièces démontables, leur transport sera assuré en 5 ou 6 convois des voitures, de telle sorte que le gros œuvre de la station

sera achevé lorsqu'elle sera atteinte par la voie provisoire.

Pendant les trois autres mois de la période, on pourra donc transporter le matériel de l'intervalle suivant et le déposer au nouveau point de départ. Ce matériel comprendra :

Un minimum de 120 km de voie, à raison de 7,5 kg le mètre, soit	800 t
Le matériel de la station suivante.	250 t
Total	1 050 t

Or, chaque plate-forme du porteur Decauville peut transporter 1,5 t; si l'on emploie 100 plates-formes, on transportera à chaque voyage 150 t.

Comme on ne mettra guère que 8 ou 10 jours pour l'aller et le retour, dans le courant des trois derniers mois de la période dont on pourra disposer, il sera facile d'approvisionner le matériel dont il vient d'être question et de déposer le long de la voie provisoire une partie des rails de la voie définitive.

Il est probable qu'on ne sera pas attaqué dès le début, bien qu'il faille s'attendre à ce que notre marche en avant soit toujours observée.

Il arrivera cependant un moment où, effrayées de notre persévérance, les peuplades du désert s'entendront et se réuniront pour nous arrêter. C'est ce moment que nous devons désirer et provoquer pour les châtier. Nous l'amènerons inévitablement en montrant dans nos relations une excessive rigueur, en réprimant sans pitié toutes les tentatives faites contre nous ou contre nos travaux, et en nous pénétrant bien qu'avec de pareilles gens la clémence ne doit être que la conséquence de la victoire.

J. Gripois,
Général de brigade.

PERFECTIONNEMENTS RECENTS

APPORTÉS AUX

PROCÉDÉS D'ÉCLAIRAGE MILITAIRE

1° *Commande à distance des projecteurs.*

Pour se servir avec succès d'un projecteur, il est essentiel de se placer à une certaine distance sur le côté du faisceau, de manière que les molécules d'air et les poussières atmosphériques, rendues visibles par un effet de diffusion, ne viennent pas s'interposer en trop grande quantité entre l'œil de l'opérateur et l'objet éclairé. Mais alors on doit employer un système de communication entre l'observateur et l'opérateur chargé de l'appareil, afin que celui-ci puisse être manœuvré à propos. On a employé jusqu'à présent le téléphone ; mais on sait combien il est difficile de transmettre des indications bien précises par cet appareil ; on perd beaucoup de temps en tâtonnements et faux mouvements, alors qu'il importe, au contraire, d'opérer rapidement.

Un système de commande à distance lève cet inconvénient, et met le projecteur dans la main de l'observateur. La maison Sautter, Harlé et Cie a réalisé de la façon la plus heureuse ce difficile problème mécanique, assujetti à des conditions multiples.

Le projecteur doit pouvoir être animé, en azimut comme en élévation, dans un sens ou dans l'autre, de deux mouvements ; l'un rapide, de manière à faire passer le faisceau d'un objet à un autre très éloigné ; l'autre lent, à employer lorsqu'on approche du point à éclairer ; dans l'un et dans

l'autre, l'arrêt doit être instantané. On se rendra compte de la nécessité de cette dernière condition, en réfléchissant que l'amplitude du faisceau est à peine de 2°.

Enfin, il faut que dans certains cas on puisse manœuvrer directement le projecteur.

Voici comment le problème a été résolu :

Le projecteur est muni d'une lampe automatique, qui peut fonctionner sans l'intervention d'un opérateur. Dans le socle on a disposé une petite dynamo qui actionne quatre électro-aimants disposés deux à deux en regard l'un de l'autre. Dans chaque paire, ces électro-aimants tournent en sens contraires. Entre leurs pôles en regard se trouve un disque de fer doux, claveté sur un axe qui commande l'un des mouvements du projecteur.

Par suite, il suffira de lancer un courant dans l'un ou l'autre des électro-aimants de chaque paire pour rendre le disque solidaire de cet électro-aimant, et déterminer le mouvement du projecteur dans un sens ou dans l'autre. La transmission du mouvement d'élévation se fait par un système de vis tangentes et de roues d'angle.

Tout se réduira donc à envoyer en temps utile, en outre du courant permanent qui actionne la dynamo, des courants dans l'un ou l'autre des quatre électro-aimants des embrayages.

C'est à quoi l'on arrive au moyen de trois commutateurs constituant le poste de commande.

L'un, servant à la mise en marche de la dynamo-réceptrice, est muni d'une boîte de résistances ; le levier passe sur une série de touches qui mettent en circuit des résistances variables, on accélère aussi, ou l'on ralentit, à volonté, le mouvement de la dynamo. Pour les mouvements de très faible amplitude, on amène le levier du commutateur sur la position de repos, et l'on agit sur une touche spéciale qui envoie un courant pendant toute la durée de la pression ; l'amplitude du mouvement est proportionnelle à cette durée.

Les deux autres commutateurs servent, le premier, au mouvement d'orientation, et le second, au mouvement d'inclinaison.

Trois câbles établissent la connexion entre le poste de commande et le récepteur, et empruntent leurs courants à la source d'électricité qui actionne la lampe électrique.

Un simple déclenchement suffit pour passer de la commande par l'électricité à la commande à la main.

L'accroissement du poids pour un projecteur de 0,60 m est de 120 kg, soit un peu plus du tiers du poids primitif.

La manœuvre à distance des projecteurs augmente singulièrement la valeur pratique de ces appareils. Elle permet, en effet, de diminuer le personnel qui leur est affecté, tout en rendant plus rapides les observations qui deviennent ainsi moins dangereuses pour le matériel; dans ces conditions, il sera peut-être inutile de songer désormais à l'emploi de moyens de protection directs, qui ont l'inconvénient de coûter généralement fort cher.

2° *Projecteurs Schuckert à miroir parabolique.*

La *Revue du génie* a déjà donné[1] quelques renseignements sur les appareils d'éclairage électrique Schuckert, adoptés actuellement dans l'armée allemande.

La figure 1 représente en perspective l'un de ces projecteurs, avec miroir parabolique de 0,90 m.

Le miroir M est établi au fond d'une boîte cylindrique en tôle, percée de trous d'aérage, et montée sur un axe horizontal. Celui-ci est supporté par deux montants solidaires d'une table S qui peut tourner autour d'un axe vertical, sur un support à 4 pieds. La lampe C est à charbons dirigés suivant l'axe optique du miroir; on peut la faire fonctionner automatiquement ou à la main; une vis manœuvrée à l'aide du volant A permet de la faire avancer ou reculer, et de mettre l'arc électrique au point. Le réglage

1. T. II, 1888, p. 772.

des charbons se fait à l'aide de la vis tangente R ; des ouvertures H H, ménagées dans les portes latérales, permettent d'observer l'arc à travers des verres noircis.

Le courant arrive à la lampe par deux câbles flexibles, sur le trajet desquels se trouve un commutateur, muni d'une résistance établie dans le socle de l'appareil, et que l'on peut intercaler dans le circuit de la dynamo.

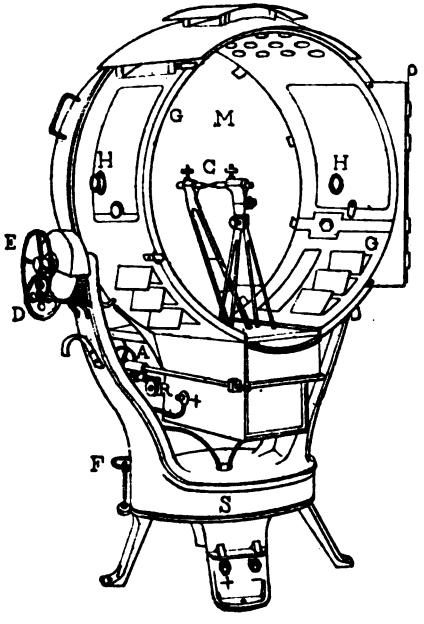


Fig. 1. — Vue perspective d'un projecteur Schuckert.

Il a été fait le 20 juin 1890, sur le champ de manœuvres de Tempelhof, des manœuvres de nuit avec des projecteurs électriques de ce système.

Le détachement technique du bataillon de pionniers de la garde avait installé deux projecteurs de 60 cm, l'un sur une redoute, l'autre au sommet d'une échelle mécanique de 30m de hauteur.

A la nuit tombante un bataillon de pionniers de la garde

se mit à creuser des tranchées-abris, et un détachement de pionniers devait chercher à les déranger dans ce travail. Grâce aux projecteurs, ils ne purent y arriver, et furent constamment découverts.

Il ne sera pas sans intérêt d'indiquer les procédés qui paraissent employés pour la taille de ces miroirs paraboliques.

Appareils à planer les surfaces paraboliques.

Dans un appareil, breveté par Schuckert et Munker en octobre 1885, le guidage de l'outil suivant une directrice parabolique est obtenu comme suit (fig. 2). Cet outil K est porté à l'extrémité d'une tige TK qui peut glisser verticalement sur un chariot C. Celui-ci se déplace à son

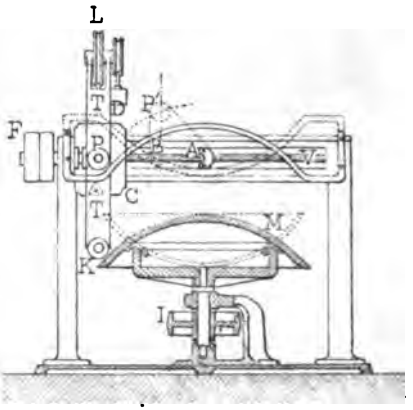


Fig. 2. — Appareil Schuckert-Munker pour tailler les miroirs paraboliques.

tour horizontalement sur un banc au moyen d'une vis sans fin V actionnée par la poulie F. Cela posé, si l'on fixe en A l'extrémité d'un ruban d'acier qui passe sur la poulie P pour se recourber verticalement, puis se terminer en un point du chariot C, on sait que le point P de la tige décrira une parabole dont le foyer est en A : par suite l'outil K décrira une parabole dont le foyer sera sur la verticale du centre de A.

Suivant que la bande d'acier passe au-dessus ou au-dessous des poulies, la parabole tourne vers le haut sa convexité ou concavité.

Le verre à tailler est monté sur une cuvette à l'extrémité de l'arbre vertical mû par la poulie I.

Pour dégrossir, on emploie un guide B, formé d'une barre courbée suivant une parabole, de manière à ménager la bande d'acier, et l'outil K consiste en un cylindre que l'on fait tourner par une commande, et que l'on déplace au fur et à mesure qu'il s'use.

Pour planer on emploie (fig. 3) un outil Q qui est arti-

Fig. 3. — Disposition de l'outil à rotule.

culé à rotule sur un boulon S de manière à prendre la direction du plan tangent à la surface. L'outil est équilibré partiellement par un contrepoids passant sur la poulie L.

Un autre appareil, breveté par Schuckert en décembre 1886, repose sur un principe un peu différent : la parabole est engendrée par le moyen de sa développée (fig. 4).

Le miroir M est monté sur un plateau mû à l'aide de la courroie P. L'outil est fixé en O au bout d'une tige C, laquelle, dans son mouvement de va-et-vient, reste maintenue par une lame flexible au contact d'un guide G, qui a la forme de cette développée. On donne l'avancement à l'outil au moyen de la vis V qui déplace le guide par rapport au bâti de l'appareil.

Le Comité militaire technique et administratif de Vienne a étudié pour l'armée austro-hongroise un appareil d'un modèle spécial. M. le Dr Wächter, attaché à ce

comité, ne donne aucun détail sur le nouvel appareil dans la conférence intéressante qu'il a faite le 21 décembre 1888 au Casino militaire de Vienne [1].

En revanche, il insiste sur les conditions pratiques d'emploi des appareils photo-électriques; nous résumons ci-après les points les plus importants de sa discussion.

Ce qui rend difficiles les observations de nuit, à la lumière électrique, c'est le faible éclairement que l'on obtient, même avec les appareils les plus puissants. Cet

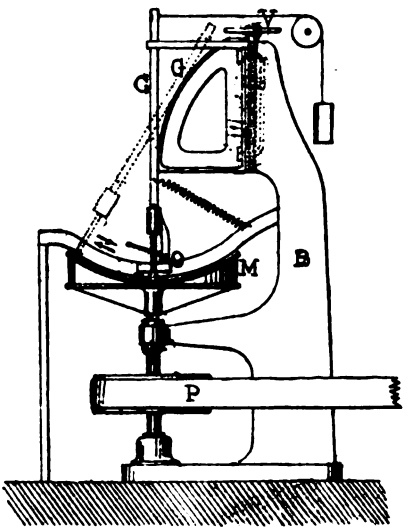


Fig. 4. — Appareil Schuckert pour tailler les miroirs paraboliques.

éclairement est, en effet, dans les cas les plus favorables, de 100 à 200 fois moindre que celui obtenu par une journée d'hiver, peu de temps avant le coucher du soleil.

Mais d'autres causes d'infériorité relative se font encore sentir. La lumière du jour s'étend sur tout l'horizon, tandis que le faisceau du projecteur de 1° au plus d'ouverture n'en éclaire que la 180e ou même la 240e partie; le

1. *Organ der militär-wissenschaftlichen Vereine*, 1889, 2. Heft.

fond reste alors invisible, ce qui change presque du tout au tout l'aspect des objets observés.

La lumière solaire tombe presque constamment sous une incidence assez forte et donne des ombres relativement courtes. Au contraire, le faisceau d'un projecteur est à très peu près horizontal et donne des ombres infinies qui projettent sur des objets en arrière et les rendent souvent méconnaissables. Tel est le cas d'un arbre situé à 1 km en avant d'une grande maison : celle-ci se présente sous la forme de deux petites maisons voisines.

Enfin, la lumière solaire traverse toute l'atmosphère et s'y diffuse ; par suite, les ombres s'estompent. La lumière électrique, au contraire, ne traverse que quelques kilomètres d'air, de sorte que les phénomènes de diffusion se réduisent à peu de chose et que les ombres sont très dures et à contours très nets : l'observateur prend une prairie pour un mur et une palissade pour un talus. A vrai dire, cet inconvénient est également sensible à l'ennemi que l'on éclaire, et le force à ne s'avancer qu'avec beaucoup de circonspection.

De toutes ces considérations, M. Wächter conclut que pour tirer un réel profit des projections de lumière électrique, il faut connaître parfaitement le terrain environnant, et par suite en limiter l'emploi à la défense des places.

Dans ce cas on opère ainsi :

On installe à poste fixe une lunette munie d'un réticule avec cercles divisés, horizontal et vertical. On dirige la croisée du réticule sur les divers objets les plus importants et on note les deux angles d'azimut et de hauteur correspondant à chacun d'eux. Cela fait, si l'on veut observer un de ces objets pendant la nuit, il n'y a qu'à pointer la lunette à l'aide des deux angles correspondants et à manœuvrer le faisceau de manière à éclairer le champ.

Pour les objets qui ne sont pas notés au carnet, on procède comme suit :

On porte sur une carte l'emplacement de la lunette et

on trace des droites rayonnantes portant la même graduation que le cercle divisé. Si l'exploration avec le faisceau lumineux fait remarquer quelque chose d'extraordinaire, on dirige la lunette sur ce point, on note l'angle et l'on se reporte à la carte qui fait connaître l'emplacement du point observé.

Du reste, une bonne partie de l'efficacité de l'appareil photo-électrique est d'ordre moral. Il suffit à l'ennemi d'être éclairé par le faisceau pour se croire observé et pour interrompre son travail. Le conférencier rapporte à ce sujet un curieux détail, qu'il tient d'officiers prussiens, et qui se rapporte au siège de Paris, où la défense ne disposait cependant que d'appareils de puissance bien médiocre. Dès que les Allemands se voyaient éclairés, à 8 ou 10 km de distance, ils se couchaient à plat ventre et restaient immobiles, n'osant pas même souffler.

Bien souvent, à l'avenir, il en sera ainsi, d'autant mieux qu'à plusieurs kilomètres au delà de la portée efficace de l'appareil on peut encore très bien lire un journal et qu'on peut par suite craindre d'être vu.

Toutes les fois qu'on le peut, il est du reste avantageux de se porter en avant du projecteur pour observer, de manière à augmenter la portée efficace ; car l'expérience fait voir que la portée de l'appareil est augmentée à peu près d'autant. Reste à s'entendre avec l'officier qui a sous sa direction le projecteur.

Pour se garantir des effets du projecteur, on peut se coucher à plat ventre et demeurer immobile [1]. Si la chose n'est pas possible, comme au passage d'un défilé, par exemple, il n'y a qu'à faire tirer sur l'appareil pour le détruire ; on y parviendra par le feu d'infanterie surtout, à condition que le tireur ne soit pas compris dans le faisceau lumineux, mais placé sur le côté.

---

1. Cette prescription est actuellement réglementaire dans l'armée allemande.

Conclusion : Les appareils d'éclairage électrique peuvent rendre de bons services, à la condition essentielle que le personnel à qui ils sont confiés ait une grande expérience.

3° *Appareils d'éclairage à faible portée.*

Si l'on pourvoit la locomobile à lumière d'un matériel permettant d'installer plusieurs petites lampes, on peut l'utiliser dans un bien plus grand nombre de cas, pour l'éclairage de chantiers, de quais de débarquement. On peut, par exemple, établir une dizaine de lampes à régulateur, que l'on suspend au sommet de mâts démontables de 4 à 6 m de hauteur. Tout ce matériel est disposé sur une voiture spéciale.

Il ne faut pas se dissimuler toutefois, dit le Dr Wächter, que le plus souvent les torches de pétrole ou de résine donneront des résultats aussi bons et auront l'avantage de pouvoir être employés partout.

Nous nous permettrons de ne pas partager complètement cette manière de voir : les torches donnent, comme on le sait, une lumière assez médiocre et présentent beaucoup d'incommodités. Il est bien préférable d'employer les nouveaux types d'appareils dérivés du lucigène, tels que la lampe Wells, décrite dans la *Revue,* ou la lampe Seigle, fondée sur un principe analogue, qui sont assez légers pour pouvoir être transportés facilement sur un véhicule quelconque, et d'une mise en marche fort simple, tout en assurant une grande puissance d'éclairage. Leur emploi se recommande dans mainte application militaire.

Quoi qu'il en soit, nous indiquons ci-après un système d'échafaudage transportable, construit par Schuckert, pour élever une lampe électrique à une quinzaine de mètres de hauteur. L'appareil consiste (fig. 5) en une tour pyramidale formée de losanges articulés portés sur un chariot. En agissant sur un système de 4 vis, on rapproche les sommets opposés de la base, et on développe l'écha-

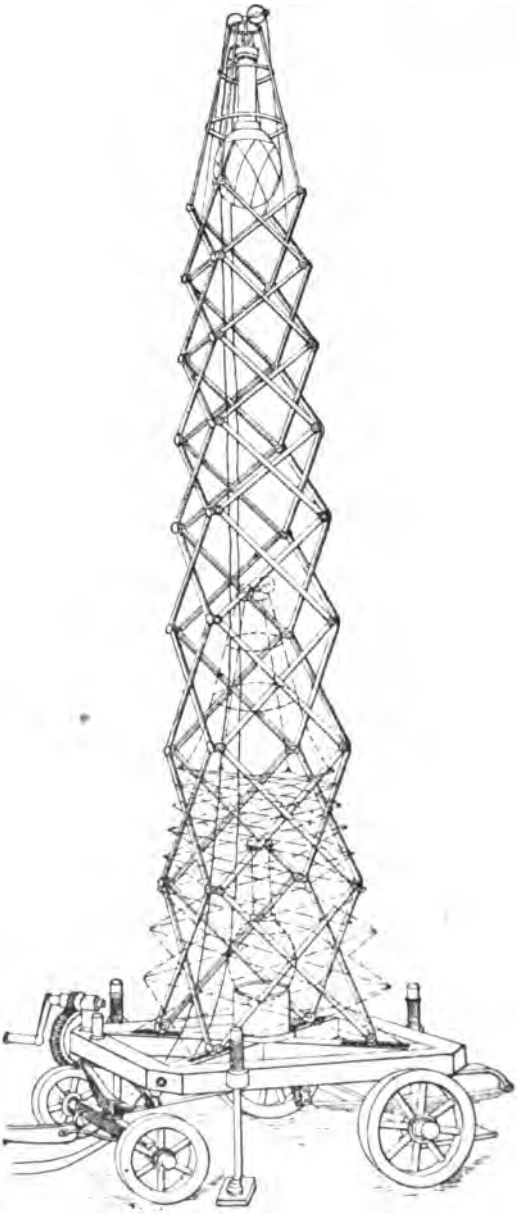


Fig. 5. — Appareil Schuckert pour éclairage électrique de chantiers. Vue perspective.

faudage, à la partie supérieure duquel est suspendue une lampe à arc.

4° *Éclairage au moyen d'artifices.*

En dépit des perfectionnements apportés aux appareils de projection de lumière électrique, ces engins présentent toujours une certaine complication et un défaut de mobilité qui leur feront souvent préférer des modes d'éclairage plus simples, tels que des artifices et des compositions combustibles.

Cette circonstance aura lieu, par exemple, pour la deuxième période de la défense contre une attaque régulière, celle des travaux d'approche. A cet égard, des expériences faites en Russie, sur le polygone de Kiev, présentent un réel intérêt.

On avait creusé une 1re parallèle à 950 m des ouvrages, une 2e parallèle à 400 m, une 3e à 200 m, une 4e à 90 m, et un couronnement du chemin couvert.

On a constaté que des fusées avec étoiles, tirées des abords immédiats de l'ouvrage, éclairaient très bien des mannequins nus en bois établis dans la 1re parallèle, et facilitèrent beaucoup le tir de la place sur ces objets. Mais des vêtements sombres rendent ces mannequins presque invisibles. Pour ces parallèles éloignées, l'éclairement maximum est fourni par les étoiles; les plus rapprochées deviennent, au contraire, visibles au moment de l'ascension de la fusée.

Les balles éclairantes sont efficaces jusqu'à 400 m, et dans un rayon de 30 à 40 pas; l'objet auprès duquel elles tombent se détache d'une façon très nette sur le nuage de fumée.

Des flammes de Bengale, espacées de 6 à 10 pas sur la berme, éclairent parfaitement le fossé de l'ouvrage, et interdisent toute tentative de l'assaillant pendant un quart d'heure environ: elles sont bien supérieures comme effica-

cité aux torches et aux tourteaux, qui sont d'ailleurs d'un emploi incommode.

Emploi du magnésium.

Le magnésium se prépare aujourd'hui industriellement par divers procédés électriques.

L'un d'eux, celui de Grætzel, consiste à décomposer le chlorure de magnésium en fusion au moyen d'un courant qui entre par une baguette de charbon et sort par le creuset en acier. En ayant soin de maintenir une atmosphère inerte au-dessus du sol, le magnésium se dépose sur la paroi du creuset et on l'y agglomère par une fusion au rouge clair.

Le rendement par cheval électrique et par heure est d'environ 15 kg de métal qu'on peut livrer au commerce à raison de moins de 100 fr. le kilogramme.

Ce prix relativement bas, si on le compare au cours de ces dernières années, permet d'en essayer l'emploi dans les flammes éclairantes destinées aux applications militaires.

C'est ce qu'a fait le Comité militaire technique austro-hongrois. Il a essayé des flambeaux constitués par une enveloppe cylindrique en zinc mince, de 29 mm de diamètre et de 1 m de long, renfermant un mélange d'azotate de baryte, gomme laque et magnésium en poudre. Le tout pèse 1,25 kg dont 150 gr pour l'enveloppe.

Le flambeau brûle avec une flamme blanc verdâtre, de 15 à 20 cm de hauteur, ne craignant ni le vent, ni la neige, ni une pluie moyenne. Son pouvoir éclairant est de 50 à 60 carcels, et sa combustion dure 30 minutes.

En fixant le flambeau à l'extrémité d'une perche de 4 m de hauteur, on éclaire un chantier de 200 pas de diamètre avec assez d'intensité pour qu'on puisse, au point le plus éloigné, exécuter des travaux simples de terrassement. En se plaçant près de la source de lumière, un observa-

teur peut très bien distinger des hommes isolés à 80 pas, et un bon tireur atteindre 14 fois sur 15 une cible éloignée de 150 pas.

Pour appliquer ces flambeaux à la surveillance des abords d'un ouvrage de fortification, la défense doit les placer en avant de la crête et un peu sur le côté, en arrêtant au moyen d'un abat-jour les rayons qui se dirigent vers l'arrière.

Cet appareil d'éclairage est très rustique, et si un projectile vient à l'éteindre, rien de plus simple que de rallumer ou de remplacer le flambeau.

Le seul inconvénient à lui reprocher c'est son prix encore assez élevé : la dépense est de 15 fr. par heure et par flambeau.

Voici un autre composé qui fournit une lumière très vive et très pénétrante, visible à 100 km par un temps clair :

Magnésium en poudre	20
Azotate de baryte	30
Fleur de soufre	4
Suif de bœuf	7

On mélange au suif fondu et on passe au tamis. Une masse de 1/2 kg, coulée dans une boîte de zinc de 0,10 m de hauteur et de 0,07 m de diamètre, brûle pendant 20 secondes avec une puissance éclairante de 20 000 bougies.

Lorsqu'on se propose seulement de produire un signal, la question de dépense a beaucoup moins d'importance, et le magnésium convient très bien.

M. Regnard l'emploie en poudre fine qu'il projette sur la flamme d'une lampe. Un robinet à cupule, analogue à celui de Gay-Lussac, emprisonne une quantité déterminée de métal et la déverse dans une ampoule. Un soufflet lance un courant d'air qui entraîne la poudre métallique et l'envoie sur la flamme. En réglant la vitesse du courant d'air, on obtient des éclairs plus ou moins longs dont la combinaison donne des signaux. L. B.

BIBLIOGRAPHIE

Pantobiblion. — International bibliographical review of the world's scientific literature. 1891, 1re livraison [1].

Le premier numéro de la Revue bibliographique dont nous venons de donner le titre renferme le classement méthodique de 1 200 livres, récemment parus, et le sommaire de 269 journaux ou revues techniques pour le mois de janvier 1891 ; il donne en outre le compte rendu de 77 livres.

Les sciences et spécialités représentées sont : mathématiques, physique et chimie ; botanique et zoologie ; astronomie et météorologie ; mécanique, hydraulique ; machines à vapeur ; électricité ; technologie ; mines et métallurgie ; postes et télégraphes ; chemins de fer ; routes ; fleuves et canaux ; ports ; construction ; architecture et beaux-arts ; éclairage, chauffage et ventilation, égouts ; art militaire ; marine ; agriculture ; forêts ; géodésie et topographie ; photographie ; arts et métiers ; industrie et économie ; divers.

Ce relevé s'étend à peu près à toutes les langues civilisées : français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol, portugais, hollandais, suédois, danois, roumain, polonais, tchèque, hongrois....

Les titres, sommaires et comptes rendus sont donnés dans la langue du livre ou du périodique auquel ils se rapportent, et ce n'est pas la moindre singularité, — ni la moindre difficulté d'exécution, — d'une revue imprimée en une quinzaine de langues, fort correctement du reste,

1. Mensuel. Gr. in-8°. Saint-Pétersbourg, et Paris, Welter, 59, rue Bonaparte. — 30 fr. par an.

si l'on en juge par la partie française. Quant au russe, cela va sans dire, le *Pantobiblion* étant édité à Saint-Pétersbourg.

La richesse des renseignements bibliographiques que renferme ce nouveau journal en fait un instrument de travail indispensable, je ne dirai pas à chaque bibliothèque, où il devrait se trouver en plusieurs exemplaires, mais à tout chercheur, à tout professeur qui désire se tenir au courant d'une question déterminée de la technique moderne, et qui n'a pas le loisir de dépouiller les périodiques au fur et à mesure de leur publication.

Maintenant que nous avons indiqué le contenu de ce nouveau recueil et en avons dit tout le bien que nous en pensons, qu'il nous soit permis de demander, dans les prochains numéros, l'addition d'un titre courant qui faciliterait les recherches; la suppression, dans les sommaires de journaux, de rubriques trop vagues, qui se répètent indéfiniment, et par cela même n'apprennent rien ; l'indication plus générale des prix, et, pour les périodiques, l'adresse de l'éditeur; enfin, le comblement de certaines lacunes dans la liste de ces périodiques. Pour cela, nous comptons non seulement sur la vigilance dont l'éditeur, M. Kercha, nous a donné des preuves en menant à bien la publication de ce premier numéro, mais encore sur la bonne volonté des éditeurs de journaux et revues et sur celle des lecteurs. Tous y gagneront à encourager cette publication ; d'eux dépend le succès définitif de cette entreprise hardie, dont ils retireront en définitive tous les fruits.

L. B.

L'Hydrogène et ses applications en aéronautique, par le commandant Espitallier[1].

La librairie Masson a eu l'heureuse idée de réunir en brochure les intéressantes études que M. le commandant Espitallier a publiées, dans ces derniers temps, sur l'hydrogène. Aucun sujet ne touche plus directement les progrès de l'aérostation militaire. On pourrait même dire qu'il les résume. Les encombrantes batteries de tonneaux de Charles, les fourneaux immobiles de Conté enchaînaient les aéronautes à leur poste de gonflement. Mais actuellement ces systèmes primitifs ont fait place aux appareils transportables, à circulation, dus au capitaine Renard, le chef actuel de l'établissement de Meudon, qui ont rendu possible l'usage des ballons dans la guerre de campagne. Et de fait, ces appareils ont été imités par les constructeurs du matériel aérostatique des armées étrangères. Les appareils à circulation sont à leur tour menacés d'être supplantés par les tubes d'hydrogène comprimé, qui se prêtent à d'autres applications, lorsqu'on en combine l'emploi avec celui de l'oxygène comprimé : par exemple, l'éclairage pour production de signaux.

Cette étape sera-t-elle la dernière?

Ce petit ouvrage, écrit avec le talent habituel à l'auteur, vient bien à propos et est appelé à un légitime succès. L. B.

---

1. Un volume in-12 de 110 pages, avec figures dans le texte. Paris, Masson. 1891. — Prix : 1,50 fr.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

L'organisation des bibliothèques du corps du génie russe.

Depuis 1863, le corps du génie en Russie possède de nombreuses bibliothèques, grâce auxquelles tous les officiers, disséminés dans des postes reculés de cet immense empire, peuvent consulter facilement les ouvrages utiles au perfectionnement de leur instruction spéciale et à l'exécution de leur service.

En raison des modifications survenues dans l'organisation du corps et de la création nouvelle de 37 bibliothèques depuis cette époque, il a fallu adopter, à la date du 16/28 avril 1889, un nouveau règlement sur l'organisation de ces bibliothèques. Cette circonstance nous fournit l'occasion de faire connaître avec quelques détails ce point intéressant de l'organisation du service du génie russe.

Les bibliothèques, destinées spécialement aux officiers de l'arme, renferment les matières ci-après :

1° Sciences mathématiques et physiques, technologie, géodésie et topographie ;

2° Fortification, permanente et passagère, attaque et défense des places, mines, communications militaires et artillerie ;

3° Art des constructions, architecture ;

4° Tactique, stratégie et autres branches de l'art militaire ;

5° Géographie, histoire, statistique, économie politique et législation ;

6° Mélanges ; lexicographie, aide-mémoire, périodiques, instructions pratiques, plans et cartes.

En outre, les bibliothèques renferment les modèles des machines, des dispositifs employés dans les arts des cons-

tructions et de la guerre, ainsi que des échantillons des matériaux de construction.

Il existe 88 bibliothèques de ce genre, ainsi réparties[1]:

Saint-Pétersbourg, Cronstadt, Varsovie, Brest-Litovski, Novogeorgievsk*, Ivangorod*, Vilna, Bobruisk, Kovno*, Oçovtza*, Dunamund*, Dunaburg*, Kiev, Moscou, Odessa, Kertch, Benderach, Otchakov*, Helsingfors, Viborg*, Tiflis, Kars*, Bakoum-Mikhaïlovsk*, Vladikavkas*, Tachkent*, Khavarovka, Vladivostok*, Omsk, Kazan, Askhabad	30
17 bataillons de sapeurs	17
Demi-bataillon de sapeurs du Turkestan*	1
Compagnies de sapeurs de la Sibérie occidentale*, Sibérie orientale*, de la Transcaspienne*	3
8 bataillons de pontonniers	8
État-major de la brigade de chemins de fer*	1
4 bataillons de chemins de fer	4
Détachement galvanique	1
Direction de mines des côtes baltiques* et mer Noire*	2
2 compagnies de mineurs de la Baltique	2
2 compagnies de mineurs de la mer Noire	2
17 parcs de télégraphie militaire* (dont 2 du Caucase)	17
Nombre total des bibliothèques	88

Le règlement énumère 49 autres établissements moins importants du génie qui reçoivent seulement les livres d'un usage courant.

Chacune de ces bibliothèques prête des livres aux officiers du génie et de sapeurs qui se trouvent, d'une manière permanente ou temporaire, dans leur rayon d'action.

La dépense d'acquisition des livres est supportée en partie par les officiers, qui versent annuellement 1,5 p. 100 du montant de leur solde, et par la direction générale du génie, pour une somme totale de 5000 roubles argent (20000 fr. environ).

1. L'astérisque indique une bibliothèque de nouvelle création.

Les officiers de la circonscription à laquelle appartient la bibliothèque la dirigent eux-mêmes, et en confient les détails d'exécution à un bibliothécaire, élu à la suite d'un vote transmis au besoin par correspondance. Ce bibliothécaire, qui ne peut démissionner avant un an de fonctions, est chargé des achats dont on lui fournit la liste, en même temps que la somme nécessaire. Toutefois, un quart de la somme prélevée sur la solde des officiers est laissée à leur disposition pour payer les abonnements aux journaux littéraires et aux autres périodiques traitant des sujets d'actualité et de vulgarisation.

La direction générale du génie fournit 5 000 roubles argent (20 000 fr. environ) pour la bibliothèque du comité du génie et pour venir en aide aux bibliothèques d'officiers dont les ressources sont insuffisantes. Elle achète à cet effet de préférence des livres des trois premières catégories, et les ouvrages d'un emploi courant destinés aux unités qui n'ont pas de bibliothèque.

Une ou deux salles et un garçon sont mis à la disposition de chaque bibliothèque, qui supporte sur ses fonds l'acquisition des meubles et accessoires.

Les officiers de chaque circonscription élaborent eux-mêmes à leur guise les règlements de détail concernant le nombre des livres à prêter à la fois, la durée du prêt, etc. Ces dispositions ne deviennent obligatoires que si elles sont approuvées par les 2/3 des officiers présents dans la circonscription.

Les prêts se font contre reçu, et les envois ont lieu par la voie de la correspondance officielle.

Le bibliothécaire tient le catalogue, fait relier les livres, leur fait poser des étiquettes, fait les prêts et envois de livres aux officiers, en prend note, garde les reçus et recueille, avec la collaboration des officiers, les échantillons de matériaux de construction.

En fin d'année, il envoie à la Direction générale du génie le détail des acquisitions, des livres perdus, des

remplacements, des suppressions du catalogue, des échantillons et modèles, des livres prêtés, les comptes finances, etc.;

La liste des livres dont les officiers proposent l'acquisition pour l'année suivante, et les dispositions arrêtées par eux relativement à l'usage de la bibliothèque.

Le bibliothécaire est responsable des pertes résultant de sa négligence, sauf recours contre les emprunteurs. Les ouvrages perdus par la faute de ceux-ci sont remplacés à leurs frais. Ceux mis hors de service par usure naturelle sont remplacés par les fonds de la bibliothèque ou supprimés du catalogue.

Tous les officiers qui se trouvent dans le rayon d'une bibliothèque et qui y contribuent de leurs deniers ont un droit égal à s'en servir, sans différence de grade. En cas de détachement, ce droit passe à la bibliothèque dans le rayon duquel ils passent, après avoir, bien entendu, restitué les livres empruntés.

Les ouvrages rares ou très coûteux sont lus sur place.

Il est du reste possible aux officiers du génie de se servir des livres d'un rayon autre que le leur, en faisant connaître leur qualité au bibliothécaire.

Le règlement prévoit les dons volontaires aux bibliothèques; dans ce cas, les officiers procèdent comme ils l'entendent au choix des livres.

Les officiers peuvent d'ailleurs autoriser des personnes étrangères au corps à se servir des livres de leur bibliothèque.

Le choix des acquisitions est laissé aux officiers qui inscrivent leurs demandes sur un registre spécial ou les font connaître par correspondance.

Le chef de la circonscription à laquelle appartient la bibliothèque veille à ce qu'il n'y entre ni livres, ni journaux interdits par la censure.

Du reste, les bibliothèques sont soumises aux mêmes inspections que les établissements auxquels elles corres-

pondent ; l'inspecteur s'assure de la bonne tenue du catalogue et de la gestion, et de l'observation du règlement.

L. B.

Travaux de casernement en Angleterre.

Parmi les documents parlementaires anglais de l'année 1890, imprimés et mis en vente, se trouvent deux fascicules concernant le casernement.

Le premier de ces documents est intitulé : *Barracks Bill* (*Bill 234*), *1890*. C'est un projet de loi présenté par trois députés, MM. Courtney, Stanhope[1] et Brodrick, ayant pour objet « d'ouvrir un crédit pour la construction et pour « l'extension de casernements et de camps, dans le Royaume-« Uni et dans certaines colonies, et d'amender la loi relative « à l'acquisition de terrains pour usages militaires ». Le crédit demandé et devant être mis en entier à la disposition du ministre de la guerre à partir du 1er avril 1891, s'élève à 4 100 000 livres, soit environ 102 500 000 fr.

A l'appui de ce projet, vient un deuxième document, intitulé : *Army* (*barracks*). *Copy of reports*, etc. *May 1890 ;* c'est la publication de deux rapports d'enquête adressés au ministre de la guerre, sur sa demande, par des architectes civils étrangers à l'administration de la guerre et ne faisant pas partie du Parlement. Nous allons résumer sommairement ces deux rapports.

MM. Richard Creed, architecte inspecteur du ministère de l'agriculture, et Frederic-Thomas Pilkington, architecte de la Compagnie générale des maisons ouvrières et de la Compagnie des maisons pour la classe moyenne, à Londres, avaient été invités, par une lettre du général sir Lothian Nicholson, à visiter les casernements d'Aldershot, à examiner les projets de nouveaux types de bâtiments étudiés par le service du génie, et à faire connaître

---

1. Frère du Ministre de la guerre.

au ministre si, d'après leur avis, les dispositions des établissements existants et celles proposées pour les constructions neuves sont d'une bonne économie. Le rapport, rédigé en commun par ces deux architectes, est daté du 8 mars 1890. Il passe en revue les types les plus importants des bâtiments qui venaient d'être construits au camp du Nord, à Aldershot. Nous signalerons seulement les observations critiques qui nous ont semblé être les plus caractéristiques.

Baraques pour 40 soldats et 1 sous-officier. — Ce sont des bâtiments à simple rez-de-chaussée; les murs sont en briques; la toiture en feutre goudronné. Le bâtiment est divisé en quatre pièces : deux chambres pour les soldats, une chambre à coucher pour le sous-officier, et une petite salle pour les ablutions. Dans les chambres d'hommes, le cube d'air par homme est de 600 pieds cubes (environ 16,8 m³), chiffre fixé par les autorités médicales. La ventilation est assurée par des évents d'entrée et de sortie de l'air. Le chauffage est obtenu par des poêles à circulation d'air chaud.

D'après le rapport, il conviendrait, pour la toiture, de remplacer le feutre goudronné par l'ardoise. Le système de chauffage actuel serait mauvais. Le type même de bâtiment à simple rez-de-chaussée reviendrait plus cher que des bâtiments à un étage sur rez-de-chaussée.

Pavillons pour 24 soldats mariés. — Ce sont des bâtiments d'un étage sur rez-de-chaussée, pourvus de six cages d'escalier, et distribués en sorte que chaque palier dessert deux logements de ménages.

D'après le rapport, il serait préférable de grouper quatre logements sur le même palier, ce qui diminuerait de moitié le nombre des escaliers. La hauteur sous plafond serait exagérée et pourrait, sans inconvénient pour des logements de ménages, être réduite à 2,75 m.

Chauffage. — Les rapporteurs sont très sévères dans leur appréciation du mode actuel de chauffage, qu'ils qualifient de « lamentablement défectueux », pour tous

les bâtiments visités. D'après leur avis, on réaliserait à la fois une grande amélioration et une économie, en adoptant le système de chauffage par calorifère à vapeur. Il faudrait construire un bâtiment spécial pour le générateur de vapeur. Les tuyaux de distribution, enveloppés d'une substance isolante, seraient posés, pour la traversée des cours, dans des rigoles en maçonnerie de briques sur fondation en béton, soigneusement couvertes, mais en réservant toutes facilités pour visiter la tuyauterie. La distribution de vapeur servirait aussi, dans les cuisines, pour chauffer les marmites et les chaudières, à l'aide de serpentins ; et dans les buanderies, pour faire bouillir le linge sale ; enfin dans les séchoirs, pour sécher le linge lavé ou les vêtements mouillés. « Les grandes chambres « d'hommes, les salles de récréation, les cantines, sont « impossibles à bien chauffer au moyen de poêles, tandis « qu'on y arriverait facilement par la vapeur, avec des ra- « diateurs placés dans les embrasures des fenêtres. On « ajouterait d'ailleurs de petites cheminées à feu découvert, « pour égayer les pièces et pour activer la ventilation. »

Nous passons au deuxième rapport d'enquête, dont l'auteur est M. G. W. Haward Trollope, qui visita, en juin 1889, les bâtiments alors en construction au camp d'Aldershot. Il était accompagné de M. Flestwood Wilson. Le colonel du génie Gore Booth, chef du service des bâtiments militaires, fournissait toutes les explications voulues aux enquêteurs, qui prirent connaissance des dessins et des devis dans les bureaux des Horse Guards (administration centrale de la guerre).

Baraques pour 40 soldats et 1 sous-officier. — Le rapport critique la toiture en feutre goudronné. Une toiture en ardoises coûterait environ 500 fr. de plus par baraque, mais on regagnerait cette dépense de première mise sur les frais d'entretien, et l'on aurait des chambres d'une température plus fraîche en été.

M. G. W. Haward Trollope n'est point partisan de l'abandon du type de bâtiment à simple rez-de-chaussée. Il a examiné en détail les projets de bâtiments d'un étage sur rez-de-chaussée. Il a fait le calcul de l'augmentation de dépense qui serait nécessitée par la surépaisseur à donner aux murs du rez-de-chaussée et par l'addition d'un plancher et d'escaliers; il trouve qu'en somme on ne réaliserait aucune économie sur les travaux. Le parti à prendre doit donc être entièrement subordonné au prix des terrains.

Pavillons pour 24 soldats mariés. — On pourrait économiser sur l'épaisseur des murs. Ainsi, à l'étage, les murs extérieurs ont 0,40 m, tandis que 0,30 m suffiraient. Les cloisons intérieures ont 0,23 m; la moitié de cette épaisseur serait suffisante si l'on faisait les cloisons en ciment. L'administration a exigé l'usage d'une pierre spéciale (*Scotgate ash stone*). Elle aurait trouvé profit à utiliser d'autres matériaux, notamment certaines pierres artificielles qui sont employées avec beaucoup de succès dans les constructions industrielles à Londres.

Chauffage. — « Le chauffage est bien assuré, en théorie, « au moyen de poêles à air chaud simples et puissants. « Mais, en pratique, si l'on tient compte de la façon dont « le combustible est distribué, le système ne fonctionne « pas bien[1]. » S.

---

1. Il est superflu de dire que les conclusions de ces deux rapports d'enquête sont courtoises envers le service du génie. MM. R. Creed et F. T. Pilkington résument leur opinion en ces termes : « Sous réserve des dé« fectuosités de détail sur lesquelles nous avons appelé l'attention et qui « pourront être corrigées dans les constructions futures et même en par« tie dans les constructions existantes, nous sommes d'avis qu'il a été « procédé avec une bonne économie dans le choix des dispositions et « des matériaux. » M. S. W. Haward Trollope est presque élogieux : « Le « pays a été doté d'ouvrages dont la valeur réelle est parfaitement en « balance avec les sommes dépensées. »

Le gérant, Ch. Norberg.

ÉTUDE

SUR LE

SERVICE DES TROUPES DU GÉNIE

DANS LA

GUERRE DE CAMPAGNE

Cette étude a été rédigée pour guider les officiers de l'École supérieure de guerre dans leurs voyages d'état-major et dans leurs exercices extérieurs de fortification du champ de bataille. Tous les principes en ont été appliqués sur le terrain et ont, en quelque sorte, reçu la consécration de l'expérience dans ces manœuvres fictives.

Aujourd'hui que les travaux de toute nature à exiger des troupes du génie dans les marches, et surtout dans les combats, paraissent devoir prendre une extension qu'ils n'ont jamais eue, l'auteur a jugé utile de soumettre à l'appréciation de ses camarades, dans la *Revue du génie,* le résumé de ses réflexions à ce sujet, et de la pratique qu'il a pu acquérir en dirigeant, sur le terrain, les travaux des officiers de l'École de guerre.

Il s'est largement inspiré des différents cours professés à l'École, et notamment des Cours de tactique générale du colonel Maillard et du commandant Bonneau; des Cours de fortification du général Delambre et du colonel Tartrat; des Conférences des colonels Millet et Bonnal; et enfin d'un Projet d'instruction, préparé par M. le général Correnson, sur le service du génie dans les armées en marche.

Il s'est borné à résumer en quelques pages et à coordonner les renseignements puisés à ces sources, et à les mettre en harmonie avec la doctrine professée à l'École de guerre sur le combat. D.-L.

Le soldat du génie, armé et instruit comme le soldat d'infanterie, est fréquemment employé à la guerre comme fantassin, et il obéit alors aux mêmes règles de marche et de combat.

Le service en campagne de l'infanterie lui est donc entièrement applicable.

Mais son instruction spéciale lui assigne également un autre rôle.

« On a parfois défini le génie l'arme des *voies et moyens*. « Son intervention est utile partout où il faut ouvrir « un passage, supprimer un obstacle, assurer une com- « munication, employer avec une certaine habileté pro- « fessionnelle l'explosif ou l'outil, et c'est de ces considé- « rations que dérive son rôle spécial dans les armées en « campagne[1]. »

Ses troupes sont en trop faible proportion dans les armées pour pouvoir généralement exécuter à elles seules tous les travaux nécessaires. Elles seront secondées, la plupart du temps, soit par des travailleurs civils de réquisition, quand on le pourra, soit par des travailleurs d'infanterie.

Lorsqu'il s'agira de travaux de communication ou du camp, ces travailleurs d'infanterie seront des auxiliaires, qui seront toujours adjoints au génie par fractions constituées.

Mais il n'en sera pas de même pour les travaux de fortification. Les troupes d'infanterie possèdent en effet une

---

1. Général Delambre.

instruction technique qui leur permet de se retrancher sommairement elles-mêmes, sans attendre le concours du génie. Elles construiront leurs tranchées-abris, organiseront sommairement les obstacles naturels du terrain, les lisières de bois ou de villages, et pourront exécuter des ouvrages de compagnie.

Toutefois, ces travaux improvisés, essentiellement du ressort de l'infanterie, ne sauraient suffire dans la plupart des cas. L'ossature du champ de bataille devra souvent être jalonnée par des centres de résistance plus solides, dont l'organisation incombera aux troupes du génie.

Le rôle du service du génie sera dès lors :

Dans les états-majors : Étudier, pour le commandement, et d'après les indications qu'on en aura reçues, l'ensemble de l'organisation défensive.

Dans les troupes : Organiser, et même défendre comme combattants, les points d'appui principaux, ouvrages importants, localités qu'il faut conserver à tout prix, etc., ces troupes *ne devant jamais être disséminées* par petits paquets, mais rester au contraire *groupées pour le travail, comme pour le combat,* par fractions constituées, compagnies, demi-compagnies, ou tout au moins sections.

Il est utile de préciser en quelques mots le rôle spécial des états-majors et troupes du génie dans les principales circonstances qui peuvent se produire en campagne : marches en avant ou rétrogrades, stationnements, reconnaissances, batailles[1].

---

1. Il n'est pas question, dans cet aperçu, du rôle tout spécial incombant aux compagnies de sapeurs de chemins de fer.

I. — Service du génie dans les marches en avant.

A. — Travaux de communication.

Nomenclature des principaux travaux à exécuter. — On connaît l'importance des communications à la guerre. Il faut faciliter les mouvements des armées par tous les moyens possibles, la rapidité des marches étant un élément essentiel du succès.

L'une des principales attributions du service du génie est d'assurer le service des communications.

Ce service exigera, surtout dans le voisinage de l'ennemi, des travaux incessants et pénibles. Les plus fréquents seront les suivants :

a) Réparer et consolider les chaussées défoncées par un excès de circulation.

b) Supprimer les obstacles accumulés par l'ennemi, si le pays a été occupé (coupures dans les chemins, barricades de toute nature, arbres étendus en travers des chaussées, etc.).

c) Établir les raccords nécessaires pour éviter la rencontre des colonnes aux points de croisement des itinéraires suivis : pattes d'oie, carrefours, villages. Cela est d'une importance extrême, aujourd'hui que les masses mises en mouvement obligeront à utiliser le plus grand nombre de chemins possible : on annulerait entièrement l'un des itinéraires, si la colonne qui le suit devait attendre l'écoulement d'une autre colonne.

d) Le commandement aura souvent le plus grand intérêt à diminuer la longueur des colonnes et à faire marcher l'infanterie, non plus par 4, mais par 6 hommes de front, ou même par 8, et l'artillerie par 2 voitures, tout en laissant une piste pour les vélocipédistes et les estafettes. La carte, indiquant le rendement des chemins par des signes spéciaux, montrera d'une *façon générale* la possi-

bilité de resserrer ainsi l'ordre normal de marche. Mais à combien de mécomptes ne s'exposerait-on pas, sur cette seule indication, par suite des étranglements qui existent en nombre de points, parfois sur de grandes longueurs : « ruelles de villages en partie encombrées, ponts plus étroits « que les chemins, parties de routes non entretenues sur « toute leur largeur, accotements coupés de rigoles ou en- « combrés de matériaux et de tas de pierres, etc.[1] ! » C'est au génie qu'il appartiendra d'uniformiser la largeur des chemins : en construisant des tronçons supplémentaires pour la traversée des villages ; en établissant des ponceaux, avec leurs débouchés spéciaux, pour racheter la largeur insuffisante d'un pont ; en nivelant les bas côtés des routes, en déblayant les matériaux et tas de pierres qui les obstruent, etc.

e) Dans le voisinage immédiat de l'ennemi, il sera nécessaire de faire avancer les troupes sur le plus grand nombre possible de chemins sensiblement parallèles. Il faudra donc utiliser tous les sentiers, toutes les pistes, en les élargissant, s'il y a lieu, en les consolidant, et en établissant entre eux les tronçons nécessaires pour assurer leur continuité dans la direction voulue. « La veille de la « bataille, dit le colonel Maillard, les approches de l'en- « nemi seront noires de troupes. »

C'est le service du génie qui devra assurer la continuité des itinéraires suivis, ou, tout au moins, jalonner les interruptions à travers champs, ouvrir des passages, établir des ponceaux, etc.

f) Si le pays a été occupé par l'ennemi, nombre de ponts auront été coupés. C'est le service du génie qui devra les rétablir.

Sans doute il sera généralement plus rapide, surtout sur les cours d'eau importants, d'utiliser les équipages de l'artillerie pour établir un pont de bateaux ; mais ces équi-

1. Commandant Bonneau.

pages seront souvent trop éloignés pour les faire venir à temps. — Et, d'autre part, après le passage des troupes sur un pont de bateaux, il conviendra toujours de rendre l'équipage disponible pour de nouveaux besoins, et dès lors, soit de réparer l'ouvrage d'art détruit, soit d'établir un pont de circonstance : travaux incombant aux troupes du génie.

g) Les ponts existants, lors même qu'ils n'auraient pas été détruits, seront presque toujours insuffisants, surtout dans le voisinage de l'ennemi, pendant les marches en masses de guerre, pour permettre aux troupes de déboucher sur un grand front.

Il y aura donc nombre de ponceaux, de passerelles et de ponts à établir sur des ravins, des torrents, ou des rivières importantes.

On utilisera les équipages de l'artillerie toutes les fois qu'ils seront à proximité et que la profondeur du cours d'eau le permettra ; mais ils seront généralement insuffisants en raison du grand nombre de passages à établir.

Les troupes du génie auront donc de nombreux ponts de circonstance à exécuter, soit pour suppléer les bateaux de l'artillerie, soit comme précédemment, pour les rendre disponibles après le passage.

« A chaque pont, il faudra établir un débouché différent, « car si plusieurs avaient le même débouché, ils se trou- « veraient annulés [1]. »

Mode d'exécution de ces travaux. — Comment les troupes du génie, secondées au besoin par des auxiliaires d'infanterie, pourront-elles satisfaire à toutes ces nécessités, *sans occasionner de retards dans la marche des colonnes ?*

Cela semble difficile avec les règlements en vigueur.

Dans un corps d'armée en ordre normal de marche sur une seule route, une compagnie divisionnaire du génie

1. Ordre de Napoléon au général Chasseloup avant la bataille de la Moskova.

avec son parc marche en tête d'avant-garde, à 1 700 m en arrière de la pointe, et à 8 km environ en avant du gros de la colonne. L'autre compagnie divisionnaire et la compagnie de réserve marchent avec le gros de la colonne, à 19 km en arrière de la pointe d'avant-garde.

Dans une division isolée, la compagnie divisionnaire et son parc marchent en tête d'avant-garde à 1 700 m de la pointe et à 5 $^1/_2$ km en avant du gros de la colonne.

Si une réparation quelconque au chemin suivi était entreprise pendant la marche, la compagnie du génie d'avant-garde aurait à peine 2 heures dans le premier cas, et 1 $^1/_4$ heure dans le second, pour exécuter son travail avant l'arrivée du gros ; et encore ces délais seraient-ils beaucoup plus courts, si l'on faisait marcher l'infanterie par 6 ou 8 hommes de front, ce qui arrivera fréquemment.

Aussi cette compagnie ne pourrait-elle exécuter, dans ces délais, que des réparations de très minime importance. Tout travail un peu considérable, toute construction ou réparation de pont surtout, arrêterait net, plus ou moins longtemps, la marche de toute la colonne.

Il y aurait donc les plus grands avantages, au point de vue de l'exécution de ces travaux, à modifier l'ordre de marche réglementaire, en faisant marcher une compagnie du génie, *à une demi-étape au moins, ou à une étape en avant de la colonne,* c'est-à-dire immédiatement en arrière de la cavalerie de sûreté.

Cette compagnie servirait d'appui à la cavalerie de sûreté, et effectuerait tous les travaux utiles le long de son parcours. Elle devrait d'ailleurs se relier *par le téléphone* avec l'avant-garde de la colonne, pour pouvoir demander les travailleurs complémentaires nécessaires à l'exécution de travaux plus importants.

Si l'on voulait s'en tenir à l'ordre de marche actuel, il serait tout au moins indispensable de faire reconnaître les routes la veille, et de faire exécuter les réparations avant la mise en marche des colonnes.

Dans ce cas, les premiers renseignements généraux sur la viabilité seront fournis par la cavalerie de sûreté affectée à chaque colonne. Pour peu que ces renseignements laissent de doute sur l'état des chemins, le commandant du génie de la colonne devra, la veille du départ, reconnaître lui-même, ou faire reconnaître par un officier du génie, la nature et l'importance des travaux à exécuter.

Il provoquera ensuite le *départ immédiat* de la compagnie du génie d'avant-garde, ou même des autres compagnies du génie et des auxiliaires d'infanterie qui pourraient être nécessaires, si l'importance des travaux le justifie.

Ces travaux devront être entrepris, soit dans la soirée de la veille, soit dans la nuit qui précède la mise en route[1].

B. — Travaux de fortification.

Dans une marche en avant, à proximité de l'ennemi, il est possible que l'avant-garde ait à occuper certaines positions importantes pour faciliter l'écoulement et, s'il y a lieu, le déploiement de la colonne : tel pourra être le cas à la sortie d'un défilé, d'un pont de rivière, etc.

Les troupes du génie de l'avant-garde, aidées des troupes d'infanterie, procéderont aussitôt à l'organisation défensive de ces positions, en se conformant aux indications qui leur seront données par le commandement et aux principes exposés ci-après, pour le combat défensif.

« Le devoir du commandement, pendant les marches,

---

1. Pour peu que ces réparations soient fréquentes, la compagnie d'avant-garde du génie ne saurait y suffire. Elle doublera bien une étape, même pour se mettre au travail la nuit en arrivant. Mais elle ne pourrait recommencer plusieurs jours de suite. D'où l'utilité d'avoir, par division, 2 compagnies du génie susceptibles de se relever de temps à autre à l'avant-garde.

D'où, surtout, l'utilité de faire marcher une compagnie du génie à une étape en avant de la colonne, en arrière de la cavalerie de sûreté.

La fréquence des reconnaissances à effectuer sur les voies de communication, avant les marches, paraît également nécessiter l'augmentation du nombre des officiers du génie dans les états-majors et surtout le rétablissement du commandant du génie des divisions.

« est également de fixer son attention sur les positions qu'il « pourrait éventuellement occuper, dans le cas où, par « suite d'un combat malheureux ou de l'échec d'un corps « voisin, il serait obligé de faire un mouvement rétro- « grade [1]. » Il peut faire étudier sommairement l'organisation de ces positions par le commandant du génie de la colonne.

II. — Service du génie dans les marches rétrogrades.

A. — Travaux de communication.

Dans une marche rétrograde avant un engagement, ou dans une marche en retraite à la suite d'un insuccès, l'état des chemins est connu, et ceux-ci, venant d'être suivis par les colonnes, n'exigent en général que des réparations de minime importance. Mais ces travaux doivent être exécutés avec plus de soins et de rapidité, s'il est possible, que dans une marche en avant, car le salut de l'armée peut en dépendre.

Il faudra donc une compagnie du génie au moins, à *l'avant-garde,* comme dans la marche en avant.

Il y aura surtout des travaux de destruction à opérer sur les routes, sur les voies ferrées, sur leurs ouvrages d'art, sur les lignes télégraphiques, etc. En aucun cas, ces destructions ne devront être faites sans un ordre formel du commandant de l'armée ou du corps d'armée.

Elles devront être *préparées,* pendant l'écoulement même de la colonne, par la ou les compagnies du génie qui *marchent à l'avant-garde ;* mais ces compagnies, toujours utiles en tête, devront rejoindre leur place aussitôt que possible après l'achèvement de leur travail, et c'est le *détachement du génie de l'arrière-garde* qui sera chargé de

---

1. Général Berthaut.

l'explosion après le passage de toutes les troupes. « L'officier qui commande ce détachement ne rejoint la colonne « qu'après avoir constaté le résultat matériel de l'opération[1]. »

B. — Travaux de fortification.

Il est fréquent, dans une marche rétrograde, que l'arrière-garde ait à occuper certaines positions pour contenir efficacement l'ennemi. Tel sera surtout le cas à l'entrée d'un pont, d'un défilé, etc.

Ces positions seront organisées défensivement, comme il sera dit plus loin à propos de la bataille; mais elles auront un caractère plus spécial d'interdiction, l'offensive étant ici reléguée au second plan.

Il s'agit surtout, avec un minimum de troupes, d'entraver la marche de l'ennemi, d'arrêter sa poursuite.

Donc, organisation de solides points d'appui sur le front et sur les flancs, tels que hameaux, fermes, châteaux, villages, et, à défaut, ouvrages construits de toutes pièces.

Le commandement indique la position à occuper. Le commandant du génie de la colonne la reconnaît aussitôt et fait commencer les travaux, le plus tôt possible, par la compagnie ou les compagnies du génie qui marchent à *l'avant-garde* de la colonne, travaux auxquels coopérera, s'il y a lieu, la compagnie qui marche à *l'arrière-garde* dès qu'elle arrivera sur la position.

Au fur et à mesure que les troupes qui doivent livrer combat viennent occuper la place qui leur est assignée, elles se couvrent par des tranchées.

Les points d'appui principaux seuls sont exécutés, et au besoin défendus, par les compagnies du génie.

---

1. Général Correnson.

III. — Service du génie dans les stationnements.

Pendant les stationnements de quelque durée, par exemple dans les cantonnements de concentration, avant que l'armée ne commence ses opérations, les troupes du génie seront principalement utilisées pour toutes les mesures concernant l'hygiène du lieu de stationnement : assainissement, évacuation des eaux stagnantes, aménagement des eaux potables, etc.

Il ne peut guère être question de ces travaux, près de l'ennemi, dans les stationnements journaliers qui suivent chaque marche. Ces stationnements ne sont en effet qu'une suspension de la marche, imposée par la nécessité de faire reposer les hommes et les chevaux, et les cantonnements sont habituellement en profondeur sur la route même de marche. Chaque unité procédera donc elle-même aux travaux sommaires les plus urgents, dans les localités où elle sera cantonnée.

Dans le voisinage de l'ennemi, lorsque les troupes seront rassemblées par grandes unités sur un espace restreint, les unes resserrées à l'extrême dans les localités, les autres au bivouac, il sera surtout utile, indépendamment des mesures d'hygiène nécessaires, d'assurer les relations des forces entre elles, et de procurer aux troupes toutes facilités pour se mouvoir latéralement, en avant et en arrière. Donc, amélioration des communications existantes, ouverture, s'il y a lieu, de nouvelles communications entre les diverses unités, et installation, sur toutes ces communications, d'un nombre convenable de poteaux indicateurs, éclairés la nuit par des lanternes, pour faciliter la circulation et éviter toute erreur de direction.

Les avant-postes d'infanterie chargés de veiller à la sécurité d'un tel stationnement sont installés en principe sur la position même de combat éventuel choisie par le commandement. Il pourra y avoir intérêt à renforcer les

points d'appui principaux de cette position, afin que les avant-postes puissent y résister jusqu'à ce que les troupes en arrière aient pu déboucher et se déployer. Les travaux les plus sommaires seront alors exécutés par les troupes d'infanterie de l'avant-garde ; les plus importants par les troupes du génie de cette même avant-garde.

IV. — Service du génie dans les reconnaissances en présence de l'ennemi.

Le commandement peut utiliser les officiers de l'état-major et les troupes du génie pour telles reconnaissances qu'il jugera nécessaires.

« Pendant la période de concentration, rien ne sera utile « comme des reconnaissances de petits détachements réso- « lus et bien préparés (sapeurs du génie par exemple), se « glissant entre les mailles du cordon ennemi de sur- « veillance, par les sentiers de bois, la nuit, pour aller « reconnaître et faire sauter les tunnels et les ponts [1]. »

On utilisera principalement les officiers et les troupes du génie pour les reconnaissances spéciales concernant l'état des communications, le cours d'une rivière, les positions fortifiées de l'ennemi, etc.

Les aérostiers seront surtout des auxiliaires précieux pour le commandement qu'ils renseigneront utilement :

Avant le combat, sur les emplacements de l'ennemi, ses dispositions, ses travaux, etc.

Pendant le combat, sur les mouvements de nos propres troupes, les mouvements des troupes ennemies, l'emplacement de leurs batteries, la direction de leurs réserves, etc.

Après le combat, sur les lignes de retraite qu'il aura adoptées, etc.

---

1. Commandant Bonneau.

V. — Service du génie pendant la bataille.

On distinguait avec soin, autrefois, les batailles de rencontre, les batailles offensives et les batailles défensives.

Les combats de rencontre et les surprises seront de plus en plus rares aujourd'hui, le service de sûreté permettant en général de les éviter « et donnant le temps de prendre « des dispositions pour accepter, éluder ou provoquer une « bataille[1] ».

De même, les batailles *purement* défensives ou purement offensives seront très rares, au moins pour une armée ou un groupe d'armées, « car si l'on se décide à combattre « c'est pour vaincre, et on emploiera tous les moyens « d'user l'adversaire avant de frapper le coup décisif. Une « même bataille comprendra presque nécessairement ces « deux formes de la lutte. Telles troupes résisteront avec « acharnement à un ennemi supérieur et seront sur la dé- « fensive, alors que telles autres troupes voisines auront « pu adopter la forme offensive la mieux caractérisée.

« Le mode de combat qui primera sur tel ou tel point « du champ de bataille résultera du plan qu'aura formé le « général en chef et de la répartition des forces d'après ce « plan et la nature des lieux[2]. »

Les combats offensifs ou défensifs ne seront donc plus que des actes partiels de la grande lutte, pouvant être adoptés par tout un corps d'armée, ou même par toute une armée, comme unité subordonnée d'un groupe d'armées.

C'est dans ce sens qu'il convient de comprendre tout ce qui suit relativement au service du génie dans l'offensive ou la défensive.

A. — Service du génie dans l'offensive.

Toute offensive comporte des combats violents généralement de longue durée, *sur toutes les parties du front*, et,

1. Commandant Boineau.
2. Commandant Bonnal.

après usure de l'ennemi, une attaque rapide, en
sur un point favorable.

Les forces de l'assaillant se diviseront dès lors
parties :

Troupes chargées du combat d'usure, avec le
serves spéciales ;

Troupes d'assaut pour l'effort décisif ;

Réserve générale pour achever, après le succès
sorganisation des forces adverses, ou pour conten
nemi, en cas d'insuccès.

Chacune de ces masses comprendra les troupes d
normalement affectées aux diverses unités dont
compose.

a) *Combat d'usure.* — Dans le combat de front
sure, l'attaque progresse peu à peu, par le feu et l
vement. « Elle se rapproche par bonds successifs
« talle sur tous les points conquis, s'y accroche
« défend avec la dernière énergie contre toutes les
« tives du défenseur. Son but est de contenir l'e
« de l'immobiliser, de l'investir en quelque sorte [1].

L'attaque sera donc souvent contrainte à une a
défensive momentanée, et elle aura tout avantage p
ses temps d'arrêt à faire usage de la fortification du
de bataille, non pas seulement pour se couvrir, ma
se créer une base solide vis-à-vis de celle de la d
en vue d'une nouvelle poussée en avant.

Elle trouvera dans cet emploi un supplément de
tance et de sécurité, et dès lors un moyen d'écon
ses forces et de diminuer la quantité de troupes en
sur le front, au profit de celle des troupes d'assau
servées en arrière pour l'effort décisif.

Les travaux, exécutés sous le feu de l'ennemi,
pour la plupart, essentiellement improvisés et lin
des organisations sommaires de lisières et d'accide

1. Colonel Maillard.

sol, ou à de simples tranchées-abris. Ils seront faits par les troupes même d'infanterie qui combattent, à l'aide de leurs outils portatifs.

Mais les compagnies du génie, qui accompagnent les unités auxquelles elles correspondent, devront être employées à organiser les points forts du terrain occupé, en y créant, non plus de simples tranchées-abris, mais bien, grâce à leurs gros outils portatifs, quelques solides points d'appui, pour le cas où des insuccès partiels viendraient compromettre la solidité du front.

Ce sera là leur attribution fondamentale pendant le combat d'usure.

b) *Attaque décisive.* — « C'est à la faveur de tels combats, « conduits énergiquement sur tout le front pour immobili- « ser l'ennemi et lui faire craindre l'abordage partout, que « progresseront les masses d'assaut pour se porter à l'abri « en face de l'objectif, surgir à l'improviste et frapper le « coup décisif[1]. »

« Il va de soi qu'une attaque décisive ne doit pas s'ar- « rêter en chemin pour avoir recours à la bêche, non point « que l'esprit d'offensive en souffrirait, puisqu'il n'exclut « pas l'usage des couverts naturels, mais parce que la « puissance du feu serait trop diminuée, si une partie de « de la troupe s'arrêtait pour travailler[2]. »

Donc, plus de temps d'arrêt, et dès lors plus de travaux.

Et cependant les troupes d'assaut peuvent être repoussées, malgré leur élan, par une contre-attaque vigoureuse de l'ennemi. Or, on sait que toute troupe qui tournera les talons à bonne portée du feu, sera foudroyée si on n'arrête à temps son mouvement de recul. D'où l'utilité d'*avoir préparé à l'avance,* pour ces troupes, quelque solide position en vue de les recueillir.

---

1. Colonel Maillard.
2. Général Bronsart de Schellendorf.

Là, comme sur tout le reste du front, des travaux auront été entrepris par les troupes chargées du combat préliminaire d'usure, et des points d'appui auront été construits par les compagnies du génie engagées dans ce combat.

Ce sont ces *mêmes points d'appui* qui arrêteront, le cas échéant, le mouvement de recul des troupes de choc, et, dans cette prévision, on aura dû les organiser *plus solidement que partout ailleurs.*

En conséquence, *c'est en face de l'objectif* choisi par le commandement que les troupes chargées du combat d'usure devront comprendre la *plus forte proportion de troupes du génie,* pour organiser ces points d'appui ; le commandement modifiera à cet effet leur répartition normale dans les unités.

Ce rôle des compagnies du génie pendant le combat d'usure, pour préparer les points d'appui de la lutte décisive, peut être d'une importance capitale, car il peut arrêter un désastre irrémédiable et rétablir le combat compromis.

Ces compagnies, après avoir achevé leurs retranchements, *pourront être employées à les occuper comme combattants,* pour soutenir, par leur feu, la marche en avant des troupes d'assaut et enrayer, au besoin, leur mouvement de recul.

Mais les masses d'assaut elles-mêmes devront comprendre des troupes du génie accompagnant leurs premiers échelons.

Ces troupes techniques seront utiles pour coopérer à l'attaque des positions retranchées de l'ennemi, pour compléter sur le point décisif la préparation de l'artillerie en supprimant les obstacles, à l'aide de leurs gros outils, et en ouvrant de larges brèches dans les défenses accessoires à l'aide de leurs outils et de leurs explosifs.

Elles seront surtout utiles pour organiser en toute hâte ou retourner les positions conquises sur l'ennemi.

Si, en effet, l'attaque réussit, le moment critique sera ce-

lui de l'occupation de la crête défendue par l'ennemi, surtout si celui-ci dispose d'une seconde ligne. C'est alors qu'il tentera, non sans chances de succès, des retours offensifs contre des troupes désunies, épuisées par l'effort qu'elles viennent de produire et momentanément privées de l'appui de leur artillerie.

Il faudra s'accrocher plus que jamais au sol et conserver à tout prix le terrain qui a déjà coûté tant de sacrifices à conquérir. On s'y retranchera donc à l'aide de tranchées sommairement exécutées par l'infanterie, et de quelques points d'appui plus sérieux, organisés et même défendus par les troupes du génie qui auront participé à l'attaque décisive.

c) *Position de retraite.* — En prévision d'un échec possible, le commandement a dû choisir et faire reconnaître des lignes de retraite. Il sera nécessaire, même au prix des plus grands sacrifices, de contenir la poursuite de l'ennemi sur ces chemins, sinon la retraite deviendrait déroute.

On devra donc étudier et même préparer l'obstruction éventuelle de ces communications (destructions de ponts, obstructions de défilés, coupures de chemins, etc.), et le meilleur moyen d'assurer le résultat de ces préparatifs sera de les appuyer par quelques localités ou ouvrages organisés à proximité, donnant le loisir d'opérer les destructions nécessaires et gênant, par leur feu, le rétablissement immédiat du passage.

Ce sont les troupes du génie de la réserve générale qui, *d'après les instructions du commandement,* seront chargées de la préparation de ces destructions, ainsi que de l'exécution des principaux ouvrages qui les appuieront.

B. — Service du génie dans la défensive.

a) *Premiers travaux sur la position.* — « La défensive ne « doit être considérée que comme la préparation de la ri-

« poste[1]. » Quand on prendra cette attitude au début d'une action, ce sera pour voir venir son adversaire et recevoir son premier choc sur une position favorable, en épiant l'occasion de prendre à son tour l'offensive. La défensive n'est aujourd'hui qu'une *feinte*.

Dès lors la répartition des forces du défenseur sera analogue à celle des forces assaillantes : troupes occupant le front de la position, avec leurs réserves spéciales ; troupes d'assaut ; réserve générale. Le rôle de chacune de ces fractions sera le même que dans l'offensive.

Une position qui ne se prêterait pas aux manœuvres du défenseur et à son offensive serait donc désavantageuse, et les terrains trop dominants, à reliefs trop accentués, trop escarpés ou parsemés d'obstacles ne sont point à rechercher, si ce n'est pour les points qu'on voudra tenir passivement.

« Le meilleur des obstacles est un terrain à pentes douces et nues, bien battues par le feu[2]. »

D'où l'absolue nécessité de faire disparaître en avant du front, et sur la plus grande distance possible, tous les couverts qui gêneraient les vues et les mouvements du défenseur, tous les cheminements que l'ennemi pourrait utiliser.

C'est le premier travail qui doit être entrepris sur une position défensive. Il faut avant tout *voir* et *se mouvoir*. On songera plus tard à gêner, par la fortification, *les vues et les mouvements de l'ennemi*.

Donc, travaux pour dégager le champ de tir en avant du front ; reconnaissance et amélioration des communications sur le front, en arrière et en avant, pour faciliter les manœuvres : telle doit être la première préoccupation du service du génie sur une position choisie par le commandement.

---

1. Colonel Maillard.
2. Id.

Trop peu nombreuses pour effectuer des travaux aussi disséminés, les troupes du génie seront aidées par des fractions constituées d'infanterie pourvues de leurs outils et des outils des parcs du génie.

b) *Travaux de fortification.* — S'il reste du temps, on organisera défensivement la position d'après des vues d'ensemble *qui ne peuvent être données que par le commandement.*

Sur le front : pour accroître la force de résistance et permettre de diminuer les effectifs à déployer, au profit de ceux tenus en réserve ;

A l'intérieur : en vue de limiter les conséquences d'un succès de l'ennemi sur un point du front ;

En arrière : pour protéger, le cas échéant, les lignes de retraite.

c) *Travaux de fortification sur le front et à l'intérieur.* — Toutes les parties d'un front de combat ne se prêteront pas également à l'offensive de l'assaillant, ni à l'offensive éventuelle du défenseur.

Il y aura telles parties, trop parsemées d'obstacles ou trop dépourvues de cheminements, qui seraient défavorables à la marche des troupes d'assaut de l'assaillant. Ce n'est vraisemblablement pas là qu'il portera ses efforts décisifs. On a donc le plus grand intérêt à ne déployer qu'un *minimum* de troupes sur ces parties du front, afin d'avoir ailleurs les forces nécessaires pour parer les coups décisifs.

D'où l'utilité de renforcer encore ces parties du front par des fortifications, pour le double motif d'économiser les effectifs de ce rideau, tout en multipliant sa capacité de résistance.

Telles autres parties du front de combat se prêteront mieux au contraire à l'offensive de l'assaillant ; les abords en seront plus favorables à l'action des trois armes ; des cheminements lui permettront de rapprocher et de mieux dissimuler qu'ailleurs les troupes d'assaut ; les obstacles naturels

y seront moins nombreux et plus faciles à surmonter. C'est là qu'il se décidera vraisemblablement à frapper ses coups décisifs. C'est donc là que le défenseur devra surtout se préoccuper de contenir l'assaillant, soit en disposant des réserves suffisantes en arrière et à proximité des points menacés, soit en y multipliant les obstacles sur la marche de l'ennemi, c'est-à-dire en les fortifiant solidement.

Lequel de ces deux procédés conviendra-t-il d'adopter?

C'est ici qu'intervient le facteur le plus essentiel du plan de tout combat défensif : le choix de la zone dans laquelle la contre-offensive pourra s'exécuter avec le plus de chance de succès. Et il ne s'agit point ici de retours offensifs partiels, tel qu'il s'en effectuera sur tout le front de combat; mais d'une offensive vigoureuse, se substituant brusquement à la défensive, avec des masses d'assaut imposantes, toutes fraîches, qui tomberont à l'improviste sur l'ennemi épuisé, usé par la longue résistance de toutes les parties du front, et qui auront pour seule mission de percer droit de l'avant, culbutant tout devant elles.

Des considérations d'ordre stratégique pourront influer sur le choix de cette zone de la contre-offensive, par exemple celle de couper l'ennemi de ses lignes de retraite ; mais l'influence du terrain sera le plus souvent prépondérante.

Il faut avant tout : en arrière du front, un terrain propice à la concentration, à l'abri des vues et des coups, des masses d'assaut devant agir par surprise; en avant du front, un terrain propice au débouché, au déploiement et à la manœuvre de ces masses.

— Si la zone présumée de l'effort décisif de l'ennemi se trouve être la zone la plus favorable pour notre contre-offensive, et cela arrivera parfois, c'est la poussée en avant de nos troupes d'assaut qui déjouera son offensive, et nous n'aurons besoin de fortifications dans cette zone que pour corriger les défectuosités du terrain et appuyer notre marche en avant.

— Mais si les deux zones ne coïncident pas ?

Si nous craignons l'attaque décisive de l'ennemi à droite alors que notre gauche se prête seule à une contre-offensive, devrons-nous masser nos troupes d'assaut sur notre droite pour les opposer aux troupes d'assaut de l'ennemi ? A quoi cela nous conduirait-il ? A résister passivement, puisque de ce côté nous ne pouvons agir en avant, c'est-à-dire à un résultat purement négatif.

— Ne vaut-il pas mieux fortifier très solidement notre droite, de manière à contenir le plus longtemps possible la poussée de toutes les forces de l'ennemi, tout en n'y consacrant nous-mêmes que des effectifs restreints et les réserves partielles indispensables? Et, sans nous inquiéter autrement de ses projets, n'est-ce pas à gauche, là où nous pouvons agir et manœuvrer, qu'il conviendra de masser nos troupes d'assaut?

C'est en prenant énergiquement l'offensive, à l'endroit et au moment opportuns, que la défense conservera toute son initiative, *sans subir celle de l'ennemi;* elle saura le contraindre à se conformer au plan de combat qu'elle aura conçu.

« Telle a été la tactique de Napoléon à Austerlitz, avec « ses deux ailes solidement appuyées, l'une à des marais, « l'autre au Santon, et débouchant au centre, au point qu'il « avait choisi, sans répondre directement à l'attaque diri- « gée sur sa droite, mais obligeant ainsi l'ennemi à s'arrê- « ter pour lui faire face. N'est-ce point là la plus brillante « conception de la bataille défensive moderne [1] ? »

Donc, organiser solidement toutes les parties du champ de bataille où l'on n'aura pas résolu de prendre l'offensive, et les organiser d'autant plus solidement qu'on y craindra davantage l'abordage décisif de l'ennemi : Ce sera le champ défensif du front de combat.

---

1. Observation présentée par M. le lieutenant Ferry, du 5e bataillon de chasseurs, détaché à l'École supérieure de guerre.

Masser au contraire de nombreuses troupes d'assaut en arrière de la zone où l'on aura résolu de prendre l'offensive, de manière à ce qu'elles soient bien en main pour agir au moment opportun, et n'user de la fortification dans ces parties que pour appuyer cette offensive et corriger les défauts du terrain. Ce sera le champ offensif du front de combat.

— Dans le champ défensif, ne pas craindre, si on en a le temps, de rapprocher les groupes d'ouvrages formant points d'appui, qu'ils soient constitués à l'aide de localités, de bouquets de bois ou de retranchements. Il faut coûte que coûte tenir sur ces positions, y user l'ennemi avec le moins de monde possible.

Une bonne ligne d'avant-postes, occupée par de faibles effectifs, à proximité des emplacements favorables de l'artillerie ennemie, forcera l'ennemi à se déployer prématurément, contrariera et retardera l'établissement de ses batteries et fera gagner du temps. « Or, c'est le rôle « de la défense de faire durer la bataille, parce que ses « forces s'usent moins rapidement que celles de l'at- « taque[1]. »

Une seconde ligne de défense, en arrière de la position principale, et à bonne portée de celle-ci, 1 000-1 500 mètres, surtout en arrière de l'objectif probable de l'attaque, pour parer à une trouée possible, limiter le mouvement rétrograde du défenseur, empêcher l'assaillant de s'accrocher à la première ligne, et servir de point d'appui pour un retour offensif : « Il ne suffit pas d'occu- « per et de fortifier le front d'une position ; il faut encore « organiser la défense en arrière, de telle sorte que le mo- « ment où l'ennemi débouche sur la crête soit le com- « mencement de l'affaire, au lieu d'en être la fin[2]. »

— Dans le champ offensif, au contraire, se montrer sobre

1. Colonel Maillard.
2. Général Berthaut

de fortification pour ne point entraver l'élan de la contre-offensive ; se borner à aplanir les difficultés de la marche des troupes d'assaut, leur préparer des cheminements et les appuyer par les feux convergents de quelques ouvrages bien placés. En cas d'insuccès, ces ouvrages faciliteront la retraite, limiteront le mouvement rétrograde et maintiendront l'ennemi.

Tel paraît être le rôle de la fortification sur les parties défensives et offensives du front de combat.

— Ce n'est point aux officiers chargés d'organiser une position qu'il appartient de déterminer et de délimiter ces parties du front. C'est au commandement seul.

« La fortification, disent les Allemands, dans leur Instruction sur les travaux de campagne, doit toujours demeurer subordonnée à la direction tactique du combat ; son rôle est de faciliter l'exécution du plan conçu par le commandement sans jamais l'inspirer. »

Or, le devoir du commandement est d'indiquer nettement son rôle à chaque corps d'armée, et de là découlera nécessairement la manière d'organiser le front de combat attribué à ce corps.

Le général en chef donne d'ailleurs des instructions précises à ce sujet au commandant du génie de l'armée, et celui-ci peut alors tracer à grands traits les bases de l'organisation défensive, et indiquer à ses subordonnés le rôle tactique assigné à chacune des parties du front. Les états-majors du génie des corps d'armée et des divisions n'ont qu'à se conformer à ces grandes lignes en étudiant le détail des travaux.

— Qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre partie du front, c'est l'infanterie qui, à l'aide de ses propres outils ou des outils des parcs du génie, procédera à l'exécution des tranchées de liaison et des organisations sommaires de lisières.

Ce sont les compagnies du génie qui devront procéder à l'exécution des principaux points d'appui, et qui pour-

[illegible] chargées de la défense opiniâtre de quelques-uns des ouvrages qu'elles auront construits[1].

La condition *essentielle* que ces retranchements devront toujours remplir sera d'être absolument dissimulés aux vues lointaines et de ne révéler leur présence par aucun indice. « Il ne faut aujourd'hui toucher au terrain que pour se dissimuler et non se trahir[2]. »

Positions de retraite. — En raison de l'infériorité numérique ou morale qui justifie l'attitude défensive prise au début, il est plus impérieux encore que dans l'offensive de préparer des dispositions pour couvrir les lignes de retraite éventuelle, par quelques points d'appui établis sur les voies de communication.

Les troupes du génie de la réserve générale auront donc à préparer en arrière une *position de secours* qui sera occupée par les troupes de la réserve, et en avant de laquelle se [illegible] la poursuite de l'ennemi.

---

1. Quelque restreints que soient ces travaux, ils seront sans doute difficiles à concilier avec la proportion actuelle des troupes du génie dans les corps d'armée. Rien ne serait plus facile au contraire si l'on attribuait une compagnie du génie au corps d'armée : une par brigade. Un corps d'armée sur la réservoire occupera en effet un front de 4 à 6 km sur lequel il y a au moins de 4 à 5 points d'appui principaux à organiser. L'emploi des troupes du génie dans l'offensive justifierait également cette proposition.

2. Général de Moch.

A. Duval-Laguierce,

Lieutenant-colonel du génie,

Professeur de fortification à l'École supérieure de guerre.

SUR

UN NOUVEAU TYPE DE FERME PARABOLIQUE

APPLICABLE

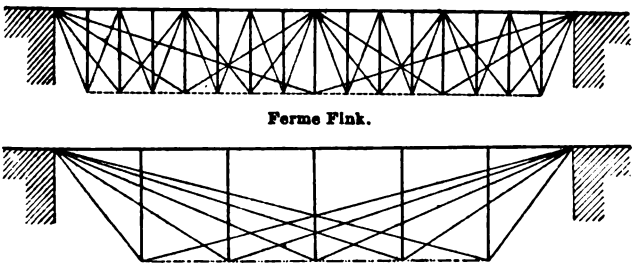
A LA CONSTRUCTION DE PONTS MÉTALLIQUES

A VOIE EN DESSUS

(PL. I.)

On sait que les fermes américaines se divisent en deux classes bien distinctes :

Les *poutres armées* telles que les fermes Fink ou Bollman (fig. 1), dans lesquelles l'action des charges placées



Ferme Fink.

Ferme Bollman.

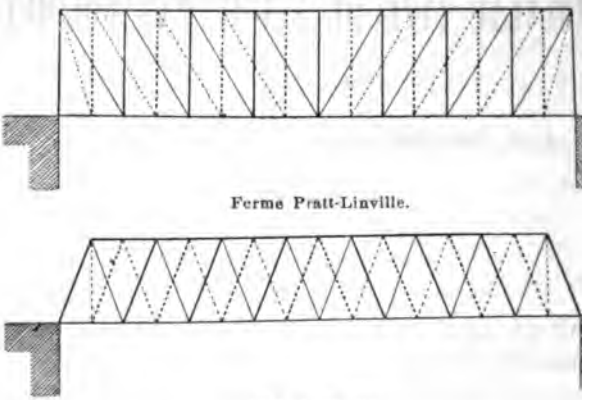
Fig. 1. — Diagrammes de poutres armées.

sur le tablier est reportée vers les points d'appui par des systèmes plus ou moins complexes formés de flèches et de sous-tendeurs ;

Les *poutres réticulées*, telles que les fermes Warren, Howe, Pratt ou Linville (fig. 2), formées de mailles triangulaires simplement jointives ou disposées par séries superposées de manière à constituer des poutres simples ou composées.

On sait également que ces deux sortes de construction

ne diffèrent pas seulement l'une de l'autre par la
générale de leurs diagrammes, mais qu'elles se d
guent encore par la façon dont se développent et se



Ferme Pratt-Linville.

Ferme Warren.

Fig. 2. — Diagrammes de poutres réticulées.

tissent les efforts intérieurs sous l'influence des c
fixes ou roulantes qu'elles peuvent avoir à supporte

Ainsi, en se basant sur de simples considératio
quilibre statique, il est facile de démontrer que d
cas des poutres armées, quelle que soit la dispositi
charges placées sur le tablier, le sens des efforts r
même dans chacune des pièces de la ferme, tand
dans le cas des poutres réticulées simples, le se
efforts développés dans certaines parties de l'âme p
trouver totalement inversé par le seul fait du dépla
des charges.

Les conséquences que l'on en tire, relativeme
comparaison des deux systèmes, paraissent être ju
en faveur de la poutre armée.

On peut les résumer ainsi qu'il suit :

1° L'invariabilité du sens des efforts dans les diff
parties d'une poutre armée donne au constructeur la
d'approprier la forme de chaque pièce au genre
qu'elle doit subir.

2° Les renversements d'efforts qui se produisent successivement dans les bracons des poutres réticulées n'utilisent pas mieux la résistance de la matière, ainsi qu'on pourrait le croire au premier abord, car les dernières expériences de Wöhler ont démontré que la limite d'élasticité d'une pièce est fortement abaissée lorsque cette même pièce est soumise alternativement à des efforts de sens contraires. En raison du jeu indispensable qui existe toujours dans les assemblages, ils offrent en outre le grave inconvénient de produire dans ces organes des chocs nombreux et répétés qui ne tardent pas à en altérer la solidité. C'est ainsi que, dans un grand nombre de ponts construits aux États-Unis, l'œil des articulations s'est trouvé tellement agrandi au bout d'un petit nombre d'années de service, que l'on s'est vu dans l'obligation de venir consolider ces assemblages en y juxtaposant après coup des plaques ou des couvre-joints rivés. Le même inconvénient se manifeste encore, bien que cependant avec une intensité moindre, dans les fermes à assemblages rivés, telles qu'on les exécute habituellement en Europe. Il a été constaté, souvent en effet, que dans les parties les plus sujettes aux renversements d'efforts, certains rivets se relâchaient et devaient être remplacés périodiquement au bout d'un certain nombre d'années.

Si l'on abandonne maintenant les considérations d'équilibre statique pour aborder l'étude plus compliquée des effets dynamiques, on se trouve en présence d'un certain nombre de faits qui viennent modifier singulièrement la portée de nos premières observations.

On admet en effet avec Rankine que, sur une pièce prismatique quelconque, une action brusque produit un effet double de celui qui serait dû à une action lente et progressive, et on suppose, en outre, bien que la loi ne soit pas encore très connue, que ce rapport diminue graduellement au fur et à mesure que s'augmente la durée nécessaire au développement complet de l'effort. On sait aussi que dans

la détermination des efforts limites à admettre
charpentes de ponts métalliques, la plupart des c
teurs ont l'habitude de tenir compte de la proporti
laquelle se répètent ces efforts lors du passage d
rents convois.

Si l'on fait intervenir ces considérations dans
tion qui nous occupe, il est facile de se rendre
que dans la ferme du type Fink, par exemple, le
et les poinçons sont d'autant plus sujets à être s
l'effort limite, et le subiront alors d'une façon d'au
brusque, qu'ils correspondent à des points de divis
ordre plus élevé, car il suffit évidemment que la
de tablier correspondant à un système de tiran
poinçons du même ordre reçoive à un moment
plus forte charge pour que chacune de ces pièces
au même instant son effort maximum. Le fait s
plus sensible encore dans les fermes du type Boll
en raison de l'indépendance complète des travées
tirants et tous les poinçons de la ferme sont expo
vailler brusquement à l'effort limite à chaque pa
locomotive.

Dans les poutres réticulées, au contraire, en de
quelques pièces de l'âme les plus voisines des poi
pui, les autres parties de la ferme travailleront
d'une façon progressive et ne subiront l'effort lim
passage des trains les plus lourds.

On conçoit donc, sans peine que les coefficients p
par lesquels il faut multiplier les charges statiq
tenir compte des effets dynamiques, puissent
moyenne plus élevés dans les poutres armées qu
fermes réticulées.

Sans parler de quelques autres inconvénients
tres armées inhérents aux difficultés du montage
l'impossibilité de raidir convenablement, dans la
tion, des tirants métalliques d'une grande long
arrive à conclure que les deux systèmes de po

nous venons de comparer possèdent l'un et l'autre certains avantages et certains inconvénients qui se compensent réciproquement et qui les rendent à peu près équivalents au point de vue économique.

Est-il possible de supprimer les inconvénients que nous avons signalés et de réunir au contraire dans un même type de construction les avantages qui caractérisent séparément chacun des deux systèmes ?

La solution que nous allons exposer répond d'une façon complète à la question.

Elle satisfait en effet aux deux conditions essentielles :

Invariabilité du sens des efforts dans toutes les parties de la construction ;

Développement graduel et progressif de ces efforts sous l'influence des charges roulantes.

A ces avantages il faut encore en joindre un certain nombre d'autres qui résultent de la forme même du tracé, c'est-à-dire :

Égalité approximative des efforts maxima développés dans les organes similaires les plus importants de la ferme, et par suite possibilité de constituer ces éléments avec des matériaux de même échantillon ;

Contreventement parfait dans le sens longitudinal et solidarité complète de tous les éléments, tandis que les fermes Fink ou Bollman au contraire, en raison de l'indépendance relative des systèmes qui correspondent à chaque ordre de division, peuvent être considérées comme en état d'équilibre instable pour toute cause accidentelle extérieure tendant à soulever un point quelconque du tablier ;

Emploi de liens diagonaux travaillant uniquement à la traction sans le secours d'aucune espèce de contre-tirants, ce qui supprime la difficulté qu'entraîne généralement le réglage des tensions initiales dans les systèmes réticulés à liaisons surabondantes ;

Et, en dernier lieu, économie importante réalisée dans l'emploi de la matière par la manière dont on fait inter-

venir le poids mort dans la répartition gén
efforts.

Telles sont, en résumé, les propriétés essent
caractérisent ce nouveau type de ferme et qui p
de le classer indifféremment parmi les poutres
sous-tendeurs funiculaires ou dans la catégorie
tèmes réticulés à mailles triangulaires. Nous in
par la suite les avantages qu'il possède encore su
tres Fink et Bollman au point de vue de la sim
montage et de la facilité de la construction.

ÉTUDE DU DIAGRAMME.

Réduit à sa plus simple expression, le profi
dinal de la ferme affecte la forme indiquée par l

Fig. 3. — Diagramme de la ferme proposée.

sur laquelle les traits forts représentent les pièc
ses à la compression, et les traits fins, celles qui t
à l'extension.

L'ensemble de la charpente du pont, formé de
mes de rive entièrement semblables, est contre
un système transversal d'entretoises et de croix
André, réunissant deux à deux les pièces jum
deux cordes supérieures ainsi que les deux poin
chacune des palées.

Au point de vue du principe même de la con
il n'est pas nécessaire d'admettre que les extrém
rieures de ces poinçons soient situées sur une c
terminée ; mais on verra par la suite que, pour
meilleure répartition des efforts maxima, il est a
d'adopter pour cette courbe la forme d'un arc de

STANFORD LIBRARY

passant par les deux points d'appui et symétrique par rapport à la verticale médiane. En réduisant dans un même rapport les ordonnées de cette courbe, on obtiendra un deuxième arc de parabole sur lequel il conviendra également de placer les nœuds formés par la jonction des sous-tendeurs.

La position des nœuds sur cette dernière parabole se déterminera d'ailleurs de la façon suivante :

Pour un pont de N travées, on divisera la corde supérieure en N — 1 parties égales, puis par chacun des points de division ainsi obtenus on mènera une perpendiculaire jusqu'à sa rencontre avec la courbe.

Il est évident que par ce procédé on obtiendra nécessairement un nœud et rien qu'un seul dans chacune des travées du pont, à l'exception des deux travées extrêmes qui n'en auront pas et se trouveront ainsi réduites à deux triangles rectangles.

Le mode de construction qui vient d'être indiqué ne sera défini d'une façon complète que lorsqu'on aura fixé exactement la valeur du rapport qui doit exister entre les flèches des deux arcs de parabole. Ce rapport en effet n'est pas tout à fait arbitraire et sa valeur devient même susceptible d'une détermination précise si l'on s'impose en même temps les deux conditions suivantes :

Trouver la solution la plus économique au point de vue de l'emploi de la matière ;

Assurer l'invariabilité du sens des efforts dans toutes les parties de la construction ;

Cette deuxième condition répondant, ainsi que nous l'avons dit déjà, à une des propriétés les plus caractéristiques du type général de la poutre armée.

Supposons d'abord que le rapport dont il s'agit ait été choisi dans des limites telles que *les prolongements d'un cordon quelconque du contour inférieur restent toujours en dessous des deux points d'appui.*

Si, faisant abstraction complète du poids du pont, on

cherche à déterminer le sens des efforts dévelop
ses divers éléments sous l'action d'une charge u
placée sur un de ses poinçons, on trouve en appl
méthode habituellement suivie pour l'étude des
articulés que, quelle que soit la position de la c
ces efforts sont invariablement :

Pour un élément quelconque du contour infér
tension ;

Pour un poinçon ou un élément quelconque d
supérieure, une compression ;

Pour un lien quelconque du système intéri
tension ou une compression, selon que sa dir
coupe celle du poinçon chargé en dessous ou
de l'horizontale passant par les deux points d'ap

Dans la pratique, on n'aura pas à considérer l'
poids unique agissant sur un poinçon determ
bien l'action de plusieurs charges s'exerçant s
ment sur tous les poinçons de la ferme. Ces char
tent des diverses combinaisons de surcharges acc
que le pont peut avoir à supporter, ainsi que
mort de la construction, que l'on doit toujours
réparti sur tous les poinçons afin de n'avoir
préoccuper du poids des parties intermédiaires.

Or on sait que, en vertu du principe de la sup
des effets des forces, l'effort développé dans un
que des éléments de la triangulation par un en
charges est égal à la somme algébrique des eff
loppés séparément par chaque charge considér
agissant isolément.

On en conclut, pour le cas de la ferme qui
cupe :

Que l'effort développé dans un élément quelc
ontour inférieur, étant une somme de tension
jours une tension ;

Que, de même, les efforts développés dans u
quelconque de la corde supérieure ou dans un

STANFORD LIBRARIES

étant des sommes de compressions, sont toujours des compressions ;

Que les maxima de ces efforts ont lieu lorsque tous les poinçons supportent les charges maxima qui peuvent leur être imposées ;

Et, en dernier lieu, que l'effort développé dans un lien quelconque du système intérieur est une tension ou une compression, selon les données de la question.

Si l'on suppose la direction de ce lien prolongée suffisamment au-dessus et au-dessous de la ferme, les poinçons peuvent être divisés en deux groupes : ceux qui se trouvent en dessus de cette direction et ceux qui se trouvent en dessous. Si dans ce cas particulier on regarde en outre les tensions comme des valeurs positives et les compressions comme des valeurs négatives, on voit, d'après ce qui a été dit plus haut pour une charge isolée, que le maximum algébrique de l'effort aura lieu lorsque tous les poinçons en dessus auront leurs charges maxima et les poinçons en dessous leurs charges minima, tandis que le minimum algébrique sera donné par la disposition inverse.

Ce minimum algébrique peut être positif ou négatif, c'est-à-dire représenter une tension ou une compression. Nous verrons par la suite que le rapport entre la surcharge accidentelle maxima et le poids mort par travée ayant été fixé d'avance, il est toujours possible de le rendre positif en maintenant au-dessous d'une certaine limite le rapport des flèches des deux arcs paraboliques.

Pour déterminer cette limite, il paraît donc utile de rechercher les expressions qui font connaître les maxima et minima algébriques des efforts développés dans les différentes parties de la construction. La solution de ce problème pourra se déduire sans difficulté de quelques formules générales que nous allons établir.

Considérons (fig. 4) une ferme d'un nombre quelconque de travées.

Désignons par L sa portée, par l la longueur d'une

travée, par f la flèche de l'arc de parabole qui détermine la hauteur des poinçons et par f' celle de l'arc de parabole qui passe par les nœuds.

Si nous prenons pour origine des coordonnées le point A

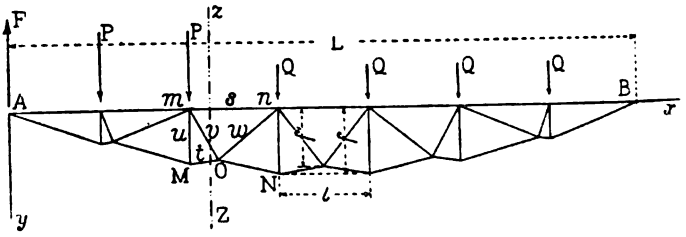


Fig. 4.

extrémité gauche de la corde supérieure, pour axe des x positifs cette corde elle-même et pour axe des y positifs la verticale abaissée au-dessous du point A, l'équation de la parabole passant par les extrémités inférieures des poinçons pourra être mise sous la forme

$$(1) \qquad y = \frac{4f}{L^2} x (L - x),$$

et celle qui passe par les nœuds sous la forme

$$(2) \qquad y = \frac{4f'}{L^2} x (L - x).$$

En désignant plus particulièrement par x et y les coordonnées de l'extrémité inférieure d'un poinçon quelconque mM et par x' et y' celles du nœud consécutif O, on déduira immédiatement de la règle déjà donnée plus haut pour la détermination des nœuds la relation suivante qui lie x et x':

$$(3) \qquad \frac{x'}{L} = \frac{x}{L - l}.$$

Il suffira maintenant de porter la valeur de x' donnée par cette formule à la place de x dans l'équation (2) pour obtenir la valeur de y' correspondante

$$(4) \qquad y' = \frac{4f'x}{(L - l)^2} (L - l - x).$$

Les équations (3) et (4) nous font donc connaître les coordonnées d'un nœud quelconque x' et y' en fonction de l'abscisse x du poinçon qui précède immédiatement ce nœud.

Ceci posé, faisons abstraction du poids propre de la ferme et proposons-nous de déterminer les efforts développés dans les trois éléments MO, mO et mn sous l'action de deux séries de charges P et Q disposées, ainsi que le montre la figure 4, les unes P sur tous les poinçons situés en dessous du lien mO, les autres Q sur tous les poinçons situés en dessus.

Si nous divisons la ferme par une section verticale fictive z Z rencontrant les trois éléments dont il s'agit, nous pourrons ne considérer que le tronçon de la ferme à gauche de z Z, à la condition de remplacer le tronçon de droite par ses réactions sur les éléments MO, mO et mn. Le tronçon de gauche se trouvera donc en équilibre sous l'action de ces trois forces, de la somme $\frac{x}{l}$ P des charges qui lui sont directement appliquées, et de la réaction verticale F, de bas en haut, développée au-dessus du point d'appui A par l'ensemble des charges P et Q.

Cette réaction F peut facilement se calculer en écrivant que son moment autour du point B est égal à la somme des moments des charges P et Q pris par rapport au même point.

On a ainsi la relation

$$(5) \qquad \mathrm{FL} = \frac{x}{l}\mathrm{P}\frac{2\mathrm{L}-l-x}{2} + \frac{\mathrm{L}-l-x}{l}\mathrm{Q}\frac{\mathrm{L}-x}{2}.$$

Il ne nous reste alors que les trois inconnues s, t et v qu'il s'agit de déterminer, s représentant la compression développée dans l'élément mn, t et v les tensions développées dans les cordons MO et mO.

Remarquons immédiatement qu'au lieu de rechercher les valeurs réelles de ces tensions, il est plus commode de prendre pour inconnues leurs composantes horizontales t_x

et v_x d'où on pourra les déduire ensuite immédiatement. En écrivant alors que toutes les forces agissant sur le tronçon considéré satisfont aux trois équations générales de l'équilibre, on obtiendra entre les trois quantités s, t_x et v_x trois relations différentes qui serviront à les déterminer.

On peut mettre immédiatement ces trois équations générales sous la forme d'un système équivalent plus facile à résoudre, en égalant successivement à zéro la somme des moments de toutes les forces pris d'abord autour du point m, puis autour du point O, et en écrivant enfin que la somme des projections de ces mêmes forces sur l'axe x est nulle.

On est conduit ainsi aux trois relations

$$t_x y + \frac{x}{l} P \frac{x-l}{2} - Fx = 0,$$

$$sy' + \frac{x}{l} P \frac{2x'-l-x}{2} - Fx' = 0,$$

$$v_x + t_x - s = 0.$$

En transportant dans ces équations les valeurs de y, x', y' et F données par les formules (1), (3), (4) et (5), en réduisant, en groupant convenablement les termes, puis en résolvant par rapport aux trois inconnues, on obtient définitivement les trois relations

$$(6) \qquad t_x = \frac{L}{8fl}[QL + (P-Q)(x+l)],$$

$$(7) \qquad s = \frac{L-l}{8f'l}[Pl + QL + (P-Q)x],$$

$$(8) \quad v_x = \frac{1}{8l}\left[Q\left(\frac{L^2-l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right) - (P-Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L-l}{f'}\right)(x+l)\right],$$

qui nous font connaître les valeurs de t_x, s et v_x en fonction de l'abscisse x du poinçon mM.

Ces trois formules vont nous permettre de traiter avec la plus grande facilité les diverses questions de maxima et de minima que nous nous sommes proposé de résoudre.

En effet, si dans les formules (6) et (7) nous donnons d'abord à P et à Q une valeur commune représentant la

charge maxima qui peut s'exercer sur un poinçon, poids mort et surcharge réunis, on voit, d'après ce que nous avons dit précédemment, que nous obtiendrions pour t_x et s des valeurs très peu supérieures aux efforts maxima qui s'exercent réellement dans M O et dans $m\,n$, car nous pouvons admettre que la plus grande et la plus petite des charges qui résultent de la répartition du poids mort sur les divers poinçons du pont diffèrent très peu l'une de l'autre.

Les formules deviennent alors :

$$t_x = \frac{PL^2}{8fl}, \tag{9}$$

$$s = \frac{P(L^2 - l^2)}{8fl}, \tag{10}$$

ce qui montre qu'à l'exception des deux travées extrêmes pour lesquelles la formule (10) ne s'applique pas et dans lesquelles on prend simplement $s = t_x$, ces deux limites d'efforts maxima sont indépendantes de x et restent par conséquent les mêmes dans toute l'étendue du pont.

Les résultats que nous venons d'obtenir vont nous permettre, avant d'aller plus loin, de calculer l'effort maximum de compression qui peut se développer dans le poinçon mM. Cette compression limite est atteinte évidemment lorsque les deux liens qui aboutissent au pied du poinçon m M subissent eux-mêmes leurs tensions maxima, car nous venons de voir que les tensions maxima se développent simultanément dans tout le contour inférieur lorsque le tablier du pont est complètement chargé.

Pour effectuer les calculs, déterminons d'abord, en fonction de x, la valeur absolue du coefficient angulaire du cordon M O. On la trouve facilement en portant, dans l'expression $\frac{y-y'}{x'-x}$, les valeurs de y, x' et y' fournies par les équations (1), (3) et (4), ce qui donne la relation

$$\frac{y-y'}{x'-x} = \frac{4}{l}\left[\frac{f(L-l)}{L^2}(L-x) - \frac{f'}{L-l}(L-l-x)\right].$$

La portion de compression développée dans le poinçon mM par la tension du lien M O est donnée par l'expression

$$t_x = \frac{y - y'}{x' - x}$$

qui devient, en remplaçant t_x et $\frac{y - y'}{x - x'}$ par leurs valeurs,

$$(11) \quad \frac{PL^2}{2fl^2}\left[\frac{f(L-l)}{L^2}(L-x) - \frac{f'}{L-l}(L-l-x)\right].$$

Pour obtenir la compression due à la tension de l'autre cordon qui aboutit au point M, il faut changer dans cette expression x en L $-$ x, ce qui donne

$$(12) \quad \frac{PL^2}{2fl^2}\left[\frac{f(L-l)}{L^2}x - \frac{f'}{L-l}(x-l)\right].$$

La somme de ces deux expressions fait connaître la compression maxima totale u que l'on cherche. On voit que par l'addition les termes en x se détruisent et qu'on arrive enfin à la formule

$$(13) \quad u = \frac{PL^2}{2l^2}\left[\frac{L-l}{L} - \frac{f'}{f}\,\frac{L-2l}{L-l}\right],$$

qui ne contient plus que des quantités indépendantes de l'abscisse du point M.

On constate donc ainsi ce résultat remarquable que, non seulement les maxima de s et de t_x, mais encore le maximum de la compression u développée dans un poinçon quelconque de la ferme sont complètement indépendants du rang de la travée.

La discussion des trois formules générales que nous avons précédemment établies nous amène naturellement à l'étude de l'équation (8) qui peut être considérée comme la plus importante d'entre elles au point de vue des conséquences que l'on en tire.

Nous avons déjà vu, en effet, quelles sont les deux combinaisons de charges qui par leur action sur le tablier du pont déterminent séparément le maximum ou le minimum algébrique de la tension v_x. Il en résulte que si l'on dé-

signe, comme ci-dessus, par P la charge maxima qui peut s'exercer sur un poinçon (poids mort et surcharge réunis) et par Q le minimum de cette charge (poids mort seulement), le minimum de l'expression v_x sera donné par la formule (8) elle-même, tandis que le maximum algébrique s'obtiendra en changeant P en Q et réciproquement, ce qui conduit à la relation

(14)
$$\text{Max.}\, v_x = \frac{1}{8l}\left[P\left(\frac{L^2 - l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right) + (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(x + l)\right]$$

qui peut être mise sous la forme

(15)
$$\text{Max.}\, v_x = \frac{L - l}{8f'l}\left[P(L - x) + Q(x + l)\right] - \frac{L}{8fl}\left[PL - (P - Q)(x + l)\right]$$

On voit immédiatement à l'aspect des formules (10), (13) et (15) que l'intensité des efforts maxima sera d'autant plus petite que f' sera plus grand et que par conséquent il y aura avantage, au point de vue économique, à placer les nœuds aussi bas que possible ; mais on se trouve arrêté par la considération de l'inégalité

$$(16) \quad Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(x + l) > 0,$$

qui exprime que l'effort développé dans le cordon mO doit être toujours une tension.

Si l'on prolonge les ordonnées, qui déterminent la position des nœuds, jusqu'à leur rencontre avec les côtés du polygone extérieur formé par les extrémités inférieures des poinçons, on démontre, par un calcul fort simple[1], que

---

1. Lieu des intersections des ordonnées des nœuds avec les côtés du polygone extérieur formé par les extrémités inférieures des poinçons :

$$Y = \frac{4f}{L^2}(x + l)(L - x - l).$$

Remplaçant x par sa valeur

$$x = x'\frac{L - l}{L},$$

on a

$$y = \frac{4f}{L^2}x(L - x) = \frac{4f}{L^2}x'\frac{L - l}{L}\left(L - x'\frac{L - l}{L}\right) = \frac{4f}{L^2}\frac{L - l}{L^2}x'\left[L^2 - x'L + x'l\right]$$

[illegible] intersection ainsi obtenus se trouvent sur un [illegible] parabole passant par les points A et B. On [illegible] que pour cet arc de parabole le rapport [illegible] la flèche f de la parabole des extrémités [illegible] les poinçons est tel que l'on ait

$$\frac{e}{f} = \frac{L^2 - l^2}{L^2}.$$

[illegible] forme générale du tracé que nous avons adopté [illegible] de la ferme suppose que les nœuds seront [illegible] dans du polygone extérieur dont il s'agit; [illegible] nécessairement

$$f < e,$$

[illegible] conclut

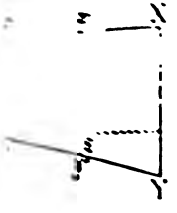
$$\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f} > 0,$$

[illegible] que le premier terme de la différence ex- [illegible] premier membre de notre inégalité (16) res- [illegible] positif.

[illegible] second terme de cette même différence, [illegible] immédiatement qu'il existe un cas particulier [illegible] c'est celui qui correspond à la relation

$$\frac{f'}{f} = \frac{L - l}{L}.$$

[illegible] le deuxième terme est constamment nul,



d'où

$$Y - y = \frac{4f}{L^2}\left[l(L - l) - 2xl\right]$$

$$= \frac{4f}{L^2}\frac{L - l}{L}(lL - 2xl).$$

$$\frac{\epsilon}{Y - y} = \frac{x' - x}{l} = \frac{x}{L - l} = \frac{x'}{L}$$

$$\epsilon = (Y - y)\frac{x'}{L} = \frac{4f}{L^2}\frac{L - l}{L^2}x'(lL - 2x'l),$$

$$y' = y + \epsilon = \frac{4f}{L^2}\frac{L - l}{L^2}x'[L(L + l) - x'(L + l)],$$

$$y' = \frac{4f}{L^2}\frac{L^2 - l^2}{L^2}x'(L - x').$$

d'où il résulte que, quel que soit P — Q, l'inégalité (16) est toujours satisfaite.

La ferme qui est représentée par cette solution jouit donc de cette propriété : c'est que, quelle que soit la valeur de l'expression $\frac{P-Q}{Q}$, c'est-à-dire quel que soit le rapport de la surcharge accidentelle au poids mort dans chaque travée, le sens des efforts reste invariable dans toutes les parties de la construction.

En transportant la valeur de f' ainsi déterminée dans les formules qui expriment les maxima des efforts déjà trouvés, on obtient les relations simplifiées

$$t_x = \frac{PL^2}{8fl}, \tag{17}$$

$$s = \frac{P(L+l)L}{8fl}, \tag{18}$$

$$u = \frac{PL}{2l}, \tag{19}$$

$$v_x = \frac{PL}{8f}, \tag{20}$$

ce qui montre que, dans le cas qui nous occupe, le maximum de v_x reste constant, c'est-à-dire indépendant du rang de la travée.

La constance de la projection horizontale de l'effort maxima ne paraît pas être aussi avantageuse dans le cas de la tension v que dans celui de la tension t, car on remarque que les liens du système intérieur présentent des variations d'inclinaison beaucoup plus étendues que celles des cordons du contour inférieur ; néanmoins, il y a lieu de constater que, dans le cas où l'on aurait été amené à constituer les bracons de la ferme avec des barres de même section, l'excédent de résistance au point de vue statique se trouverait être précisément dans les pièces qu'il conviendrait de renforcer pour tenir compte des effets dynamiques.

Nous ne pouvons abandonner l'étude de cette solution

particulière, sans appeler l'attention sur une propriété géométrique qui la caractérise d'une façon toute spéciale: c'est que le prolongement d'un cordon quelconque du contour inférieur passe toujours par l'un des points d'appui.

En divisant membre à membre l'équation (2) par l'équation (1) on a en effet

$$\frac{y'}{y} = \frac{f'}{f}\,\frac{x'}{x}\,\frac{L-x'}{L-x},$$

d'où, en remplaçant $\frac{f'}{f}$ par $\frac{L-l}{L}$ et $\frac{x'}{x}$ par sa valeur $\frac{L}{L-l}$ tirée de l'équation (3),

$$\frac{y'}{y} = \frac{L-x'}{L-x},$$

ce qui montre que le prolongement du lien MO passe bien par le point B.

On en déduit immédiatement une construction géométrique très simple pour la détermination de la position des nœuds dans le cas particulier de cette ferme. C'est elle qui est représentée par la figure 5. Elle consiste, pour

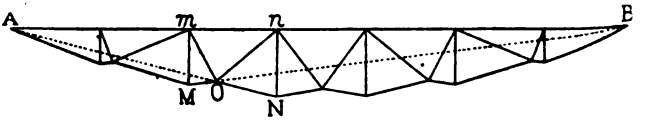


Fig. 5. — Cas particulier de la ferme proposée.

une travée quelconque mMnN, à joindre le pied de chaque poinçon au point d'appui directement opposé et à prendre le point d'intersection O des deux lignes M B et N A ainsi obtenues[1].

Le tracé que nous venons d'indiquer donne une solution

1. En désignant par N le nombre des travées et par R le coefficient de sécurité du métal travaillant à la traction, la formule théorique qui donne pour cette ferme le volume des pièces tendues est

$$\frac{P}{R}(N-1)\left[\frac{L^2}{8f}\frac{N+2}{N}+\frac{f}{3}(N+1)\right],$$

celle qui donne le volume des pièces comprimées s'obtenant simplement

élégante pour les fermes à petite portée, pour les passerelles légères dans lesquelles on néglige la considération du poids mort par rapport aux charges qu'elles sont appelées à supporter; mais il serait insuffisant pour les fermes à grande portée et surtout pour les ponts à tablier lourd, dans lesquels on doit réaliser la plus grande économie possible. On est conduit alors à adopter le tracé un peu moins simple, mais beaucoup plus avantageux, dont nous allons entreprendre immédiatement l'étude.

Rappelons d'abord que, pour diminuer l'intensité des efforts développés dans chacune des parties de la ferme, il faut, d'après une remarque importante que nous avons déjà faite, augmenter f' autant que possible, c'est-à-dire profiter du rôle que joue le poids mort dans la répartition des efforts, pour abaisser les nœuds jusqu'à leurs positions limites.

La première solution qui se présente ainsi consiste à satisfaire strictement à l'inégalité (16) en donnant à x sa plus grande valeur $L - 2l$. On est sûr alors que la condition qu'elle exprime sera remplie pour des valeurs de x plus petites, c'est-à-dire pour toutes les travées du pont. La valeur obtenue en résolvant l'équation par rapport à f' est fonction de $\frac{P - Q}{Q}$, rapport de la surcharge accidentelle au poids mort dans chaque travée du pont. On peut voir facilement qu'elle est supérieure à la valeur précédemment choisie $f\frac{L - l}{L}$, et par suite qu'elle correspond à une solution plus économique. Il suffit donc maintenant de transporter la valeur de f' ainsi déterminée dans les formules (10), (13) et (14) pour obtenir immédiatement les valeurs des efforts maxima cherchés.

---

en remplaçant dans cette expression le coefficient R par le coefficient de sécurité R' des pièces travaillant à la compression.

Il suit de là que, de même que pour les poutres Fink, Bollman ou Poloneeau, ces deux valeurs sont égales lorsqu'on suppose $R = R'$.

La relation de condition exprimée par l'inégalité (16) n'est pas indépendante de l'abscisse x. Nous voyons donc que si la valeur de f', telle que nous venons de la déterminer, correspond bien aux positions limites que nous pouvons donner aux nœuds dans les deuxième et avant-dernière travées, il est possible d'augmenter encore cette quantité dont les travées intermédiaires et par conséquent d'aller encore plus loin dans la recherche d'une solution économique.

Il est évident, en effet, que le calcul de la valeur limite de f' correspondant à une travée quelconque est complètement indépendant de celui des autres travées, et que par suite il est permis de faire cette recherche dans chacune d'elles sans s'inquiéter des autres. Les différentes positions des nœuds qui en résulteront ne se trouveront plus sur un même arc de parabole, ainsi que nous l'avions supposé d'abord pour simplifier l'exposé de notre théorie, mais il est incontestable que nous serons arrivés de cette façon à la solution la plus économique que comportent d'ailleurs les autres conditions du tracé.

Considérons donc, comme précédemment, une travée quelconque mM nN (fig. 4). La relation de condition qui exprime que l'effort v_x est toujours une tension est représentée par l'inégalité (16), celle qui exprime que l'effort w_x est également une tension s'obtient en changeant dans cette formule x en $L - x - l$. Nous aurons donc, en somme, pour la travée considérée les deux relations de condition simultanées

$$(16) \quad Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(x + l) > 0,$$

$$(21) \quad Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(L - x) > 0.$$

Pour que la deuxième entraîne la première, il faut que son premier membre soit toujours plus petit que celui de la précédente, c'est-à-dire il faut que l'on ait :

$$L - x > x + l,$$

d'où l'on tire

$$x < \frac{L - l}{2},$$

ce qui montre que x doit se rapporter à la moitié gauche du pont, ou, en d'autres termes, qu'il est possible de se contenter d'une seule relation de condition, qui sera précisément l'inégalité (21), à la condition que l'on se borne à ne considérer que la demi-ferme de gauche. Cette restriction n'a d'ailleurs aucun inconvénient, puisqu'il est facile par symétrie de reconstituer ensuite la demi-ferme de droite.

Pour la demi-ferme de gauche l'équation qui déterminera la valeur de f' correspondant à chaque travée sera donc

$$(22) \quad Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(L - x) = 0.$$

On voit d'ailleurs, d'après ces considérations, que l'ensemble des nœuds d'une même ferme ne se trouvera plus sur une même courbe algébrique, mais bien sur deux arcs de courbes algébriques, symétriques par rapport à la verticale médiane.

Si, pour simplifier, on désigne par K l'expression $\frac{P - Q}{Q}$, qui représente, ainsi que nous l'avons dit déjà, la plus grande valeur que puisse atteindre le rapport de la surcharge accidentelle au poids mort dans les différentes travées du pont, on arrive, en résolvant l'équation (22) par rapport à f', à l'expression

$$(23) \qquad f' = f\,\frac{L - l}{L}\left[1 + \frac{l}{L + K(L - x)}\right].$$

Cette formule nous permet de calculer f' pour chacune des travées du pont, et par suite d'en déduire la valeur de l'ordonnée du nœud et l'intensité des efforts développés.

Il est intéressant d'examiner les variations qu'éprouvent es maxima de ces efforts lorsqu'on change de travée.

Si l'on considère d'abord la formule (9) qui donne la tension maxima dans le contour inférieur, on voit que cette expression est indépendante de f' et que par suite la projection horizontale de cette tension reste constante dans toute l'étendue du pont. La nouvelle solution ne change donc rien à cet égard.

L'expression (10), qui fait connaître s contient f' au dénominateur. La compression de la semelle varie donc d'une travée à l'autre ; mais on peut remarquer immédiatement que cette variation est toujours très faible, car pour un pont de 7 travées, par exemple, et pour une valeur de $K = 1$, elle est au plus de $\frac{1}{68}$. Quand on connaît le degré d'approximation qu'il faut attribuer aux formules relatives à la compression, on voit que cette variation est parfaitement négligeable et que l'on peut encore, au point de vue pratique, considérer la valeur de s comme constante.

En ce qui concerne ces deux sortes de pièces, l'économie qui résulte de l'adoption du nouveau tracé n'est pas, d'autre part, très appréciable, et ce ne serait véritablement pas la peine, même dans le cas des fermes à grande portée ou dans celui des ponts à tablier lourd, d'abandonner le tracé si simple de la figure 5 si, ainsi que nous allons le montrer, il ne devait pas en résulter une économie de matière considérable dans la construction des poinçons et des bracons.

Reprenons en effet l'équation (14) qui nous fait connaître la valeur de v_x et écrivons immédiatement au-dessous l'équation (22) renversée après avoir multiplié les deux membres par $\frac{1}{8l}$:

$$\text{(14)} \quad \text{Max. } v_x = \frac{1}{8l}\left[P\left(\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f}\right) + (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(x + l)\right]$$

$$\text{(22)} \quad 0 = \frac{1}{8l}\left[Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(L - x)\right]$$

En retranchant membre à membre ces deux équations l'une de l'autre, les termes en x et en f' se détruisent et on arrive, toutes réductions faites, à la formule

$$\text{Max.}\, v_x = \frac{(P - Q)L}{8f}. \tag{24}$$

On voit que le maximum de v_x est encore constant, mais, en rapprochant cette expression de la formule (20) donnée dans le cas du diagramme de la figure 5, on constate que l'on n'a plus au numérateur que la surcharge accidentelle au lieu du poids total de la travée.

Pour obtenir le maximum de w_x, il suffit de remplacer, dans l'équation (14), x par $L - l - x$. On arrive ainsi à l'équation (25), au-dessous de laquelle nous pouvons écrire comme précédemment la relation (22).

(25)
$$\text{Max.}\, w_x = \frac{1}{8l}\left[P\left(\frac{L^2 - l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right) + (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(L - x)\right],$$

(22)
$$0 = \frac{1}{8l}\left[Q\left(\frac{L^2 - l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right) - (P - Q)\left(\frac{L}{f} - \frac{L - l}{f'}\right)(L - x)\right].$$

En ajoutant membre à membre, les termes en $(L - x)$ se détruisent et il reste alors

$$\text{Max.}\, w_x = \frac{P + Q}{8l}\left[\frac{L^2 - l^2}{f'} - \frac{L^2}{f}\right]. \tag{26}$$

On voit que dans ce cas le maximum de w_x dépend de f' et que par suite il n'est pas constant. Ce résultat, qui peut paraître surprenant au premier abord, s'explique facilement par ce fait que la forme de la fonction qui donne w_x est liée à une équation de condition, tandis que celle qui donne v_x est liée à une inégalité.

Il est facile, en même temps, de se rendre compte que le maximum de w_x est toujours plus grand que celui de v_x, et qu'il va sans cesse en augmentant à mesure que l'on se rapproche de la première travée ; mais on peut constater néanmoins que pour les ponts de grande portée ce maximum reste toujours notablement inférieur à la valeur du maximum de v_x déjà donnée par la formule (20).

Passons maintenant à la détermination de la compression maxima u développée dans un poinçon quelconque de la demi-ferme que nous considérons.

En désignant comme précédemment par x l'abscisse correspondant à ce poinçon, par f_{x-1} et f_x les valeurs de f' dans les deux travées contiguës, celle qui le précède et celle qui le suit, et en se reportant d'ailleurs aux calculs qui nous ont permis d'établir la formule (13), on voit que la compression u se compose de deux parties distinctes représentées par les expressions

$$\frac{PL^2}{2fl^2}\left[\frac{f(L-l)}{L^2}(L-x)-\frac{f_x}{L-l}(L-l-x)\right],$$

$$\frac{PL^2}{2fl^2}\left[\frac{f(L-l)}{L^2}x-\frac{f_{x-1}}{L-l}(x-l)\right].$$

En les ajoutant l'une à l'autre, on arrive à l'égalité

$$u=\frac{PL^2}{2fl^2}\left[\frac{f}{L}(L-l)-\frac{f_{x-1}}{L-l}(x-l)-\frac{f_x}{L-l}(L-l-x)\right].$$

Mais si l'on remarque que de la relation (23) on déduit

$$\frac{f_{x-1}}{L-l}=\frac{f}{L}\left[1+\frac{l}{L+K(L-x-l)}\right],$$

$$\frac{f_x}{L-l}=\frac{f}{L}\left[1+\frac{l}{L+K(L-x)}\right],$$

on trouve, en portant ces valeurs dans l'équation précédente et en opérant les réductions convenables,

$$(27)\qquad u=\frac{PL}{2l}\left[1-\frac{x-l}{L+K(L-l-x)}-\frac{L-l-x}{L+K(L-x)}\right].$$

A la seule inspection de cette formule, on voit que la valeur de u ainsi obtenue est nécessairement inférieure à celle donnée par la formule (19) dans le cas du diagramme de la figure 5. On peut démontrer également qu'elle diminue à mesure que x augmente, et que par suite la compression maxima du poinçon décroît au fur et à mesure que la hauteur s'accroît.

Cette disposition est donc avantageuse.

Pour résumer l'étude de ce tracé, il ne nous reste plus

qu'à présenter un tableau de formules pratiques qui par un simple changement de notations se déduisent sans aucune difficulté des résultats précédemment trouvés.

Soient :

N le nombre total des travées du pont ;

n le rang du nœud considéré (celui de la 2e travée ayant le numéro 1, celui de la 3e travée le numéro 2, et ainsi de suite) ;

f_n, y_n, w_{xn} et s_n les valeurs de f', y', w_x, et s dans la travée correspondante ;

en remarquant que $\frac{L}{l} = N$ et $\frac{x}{l} = n$, les formules précédentes deviennent

$$f_n = f\frac{N-1}{N}\left[1+\frac{1}{N+K(N-n)}\right],$$

$$y_n = 4f_n\frac{n(N-n-1)}{(N-1)^2},$$

$$t_x = NP\frac{L}{8f},$$

$$v_x = (P-Q)\frac{L}{8f},$$

$$w_{xn} = \frac{L}{8f}(P+Q)\frac{K(N-n)}{N+1+K(N-n)},$$

$$s_n = \frac{l}{8f_n}(N^2-1)P.$$

Pour un poinçon de rang m (celui qui sépare la 1re travée de la 2e ayant le numéro 1, et ainsi de suite), on a $\frac{x}{l} = m$ et, par suite,

$$u_m = \frac{NP}{2}\left[1-\frac{m-1}{N+K(N-m-1)}-\frac{N-m-1}{N+K(N-m)}\right].$$

Si l'on remarque que les variables n et m sont des nombres entiers de un ou deux chiffres, on voit que l'emploi de ces formules est très rapide et est incontestablement plus commode dans le cas de cette ferme que l'usage des constructions graphiques ; mais il est essentiel de ne per-

dre de vue que, de même que celles dont elles se déduisent, elles ne s'appliquent qu'à la demi-ferme de gauche, la demi-ferme de droite s'obtenant simplement par symétrie.

Lorsque la portée à franchir est tant soit peu considérable, on s'aperçoit immédiatement que dans les travées les plus voisines des points d'appui, le nœud se trouve très rapproché de l'un des deux poinçons. Dans ce cas on trouvera généralement qu'il est avantageux, à différents points de vue, de combiner la ferme parabolique avec la poutre armée réticulaire dont le diagramme est donné par la figure 6.

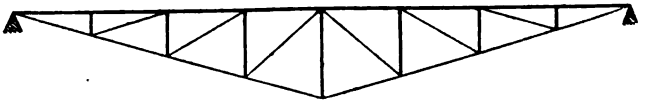


Fig. 6. — Poutre armée réticulaire.

Nous ne nous arrêterons pas à cette ferme dont l'étude ne présente aucune difficulté et qui jouit d'ailleurs, au point de vue de l'invariabilité du sens des efforts, des mêmes avantages que la précédente, mais nous donnons ci-après (fig. 7), à titre de simple indication, le diagramme de la ferme obtenue par la combinaison des deux tracés.

Fig. 7. — Diagramme de la ferme obtenue par la combinaison de la ferme parabolique avec la poutre armée réticulaire.

On voit en somme, à la simple inspection de la figure, que la modification dont il s'agit revient à substituer la corde à l'arc dans les parties où la parabole présente une courbure peu prononcée.

Il semblera quelquefois préférable, au point de vue de l'élégance de la construction, de remplacer la corde supérieure rectiligne par un arc de polygone convexe plus ou

moins surélevé. Cette disposition sera surtout avantageuse lorsqu'on voudra diminuer la flèche de la courbe formée par les extrémités inférieures des poinçons, sans réduire la hauteur totale de la poutre.

Il est facile de voir comment les formules que nous avons déjà trouvées peuvent s'appliquer à ce nouveau tracé.

Il suffira de convenir que les prolongements des cordons inférieurs dans une travée quelconque devront toujours passer, non plus au-dessous des points d'appui de la ferme, mais au-dessous des points d'intersection obtenus en prolongeant le côté correspondant du polygone supérieur jusqu'aux deux verticales passant par les points d'appui ;

De continuer à compter les abscisses x sur l'horizontale issue de l'un des points d'appui ;

D'appeler y, non plus l'ordonnée du pied du poinçon, mais bien la hauteur même de ce poinçon et de la prendre égale à l'ordonnée correspondante d'un arc de parabole, les pieds des poinçons ne se trouvant plus alors sur un même arc de parabole mais sur une transformée de cette courbe ;

D'appeler y' ou y_n la portion d'ordonnée verticale comprise entre un nœud et le côté correspondant du polygone supérieur et de désigner de même par f, f' ou f_n les flèches verticales des courbes transformées comptées à partir des sommets ou des côtés de ce même polygone.

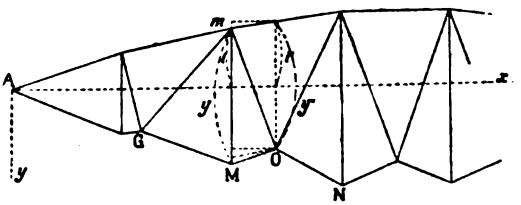
Avec ces conventions, les démonstrations et les formules que nous avons données dans le cours de cette étude s'appliquent strictement au cas de la nouvelle ferme, à la condition toutefois de remplacer la compression s de l'élément de corde supérieure par la projection horizontale s_x de cette même compression, et d'éliminer toutes les formules relatives à la compression u du poinçon, qui ne sont plus applicables puisqu'elles contiennent l'expression du coefficient angulaire en coordonnées rectangulaires.

Si la forme du polygone supérieur n'est pas définie al-

gébriquement mais est déterminée par un simple tracé géométrique, le moyen le plus simple de trouver cette compression consistera à construire le parallélogramme des forces sur les tensions maxima des deux cordons aboutissant au pied du poinçon.

Habituellement on placera les sommets du polygone supérieur sur un arc de parabole tournant sa convexité vers le haut et symétrique par rapport à la verticale médiane. Dans ce cas, si l'on désigne par φ la flèche de cet arc au-dessus de l'horizontale joignant les deux points d'appui, on démontre facilement [1] que, pour obtenir la

1. Soient :



U, la compression totale du poinçon mM.
U_x la portion de compression due à la tension de MO.
U_{L-x} la portion de compression due à la tension de MG.
On a :

$$U = U_x + U_{L-x}.$$

Or

$$U_x = t_x \frac{(y - y') - (i' - i)}{x' - x} = u_x + s_x \left(\text{en posant } s_x = t_x \frac{i' - i}{x' - x}\right)$$

d'où

$$U = u + s_x + s_{L-x},$$

$$i = \frac{4\varphi}{L^2} x (L - x'),$$

$$i' = \frac{4\varphi}{L^2} \frac{L^2 - l^2}{L^2} x' (L - x') = \frac{4\varphi}{L^2} \frac{L + l}{L - l} x (L - l - x),$$

ou remplaçant x' par sa valeur $\frac{Lx}{L - x}$.

On déduit de là

$$\frac{i' - i}{x' - x} = \frac{4\varphi}{L^2 l} [(L + l)(L - l - x) - (L - l)(L - x)]$$

$$= \frac{4\varphi}{L^2} [L - l - 2x]$$

$$s_x = t_x \frac{4\varphi}{L^2} (L - l - 2x)$$

$$s_{L-x} = t_x \frac{4\varphi}{L^2} [L - l - 2(L - x)] = t_x \frac{4\varphi}{L^2} [- L - l + 2x],$$

$$s_x + s_{L-x} = t_x \frac{4\varphi}{L^2} (- 2l) = - t_x \frac{8\varphi l}{L^2};$$

compression maxima u développée dans un poinçon quelconque, il suffit de retrancher la quantité constante $\frac{\varphi}{f}$ P des valeurs de u données par les précédentes formules. La diminution qui en résulte n'est donc réellement sensible que pour les fermes de petite portée.

Il est intéressant de voir pour ces nouveaux tracés ce que devient le diagramme de la figure 5. On trouve sans difficulté que dans ce cas, pour déterminer le nœud d'une travée quelconque mMnN (fig. 8), il suffit de prolonger

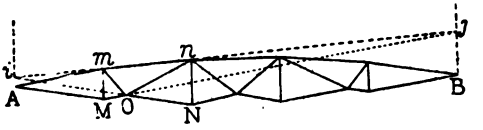


Fig. 8. — Ferme parabolique avec semelle supérieure convexe.

le côté extérieur m n jusqu'aux deux verticales passant par les points d'appui, de marquer les points d'intersection I et J, de joindre IN et JM et de prendre le point de rencontre O des deux droites ainsi tracées.

CONSTRUCTION ET MONTAGE DE LA FERME.

Nous n'entrerons pas dans tous les détails que comporte un pareil sujet, mais nous ferons remarquer cependant avant de terminer cette notice que le meilleur système de construction à adopter pour la ferme serait incontestablement celui des poutres articulées que l'on emploie aux États-Unis.

Pour l'étude même des assemblages nous renvoyons à l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen sur *Les chemins de fer en Amérique*. Ce précieux traité donne au sujet des

---

remplaçant t_x par sa valeur (9), on obtient

$$s_x + s_{L-x} = -\frac{\varphi}{f}\,P,$$

et enfin

$$U = u - \frac{\varphi}{f}\,P.$$

poutres Fink des détails de construction qui sont applicables pour la plupart au genre de ferme qui nous occupe.

A titre de simple indication nous donnons également sur la planche I le croquis du projet d'un pont-route de 36,40 m de portée et de 3,6 m de largeur. Cette construction qui supporte un platelage formé d'un cours de madriers en chêne jointifs de 0,10 cm d'épaisseur et de deux planchers superposés et recroisés de 0,34 cm d'épaisseur est calculée pour résister à des surcharges uniformément réparties de 300 kg par m², ou pour livrer passage à une file de voitures pesant 5 000 kg avec un essieu ou 7 000 kg avec deux essieux. Dans ces conditions, et en supposant par mm² un coefficient de sécurité de 10 kg pour les pièces d'acier résistant à la traction et un travail maximum variant de 3,6 kg à 4,8 kg pour les colonnes en fer laminé résistant à la compression, on arrive, pour l'ensemble des deux fermes de rive proprement dites, avec une valeur de $K = 1$, à un poids moyen de 284 kg par mètre courant.

Nous ne parlerons du montage de la construction que pour montrer comment à ce point de vue la nouvelle ferme se différencie des poutres Fink et Bollmann auxquelles on pourrait être amené à la comparer. On sait que les difficultés et les dépenses considérables auxquelles entraînent souvent ces deux sortes de construction résultent principalement de l'impossibilité dans laquelle on se trouve de monter les fermes par parties successives, et de la nécessité d'échafauder tout leur ensemble afin de disposer et de régler simultanément les différents éléments dont elles se composent.

Ces inconvénients ne se présenteraient pas dans le montage de la ferme qui nous occupe, puisqu'il suffirait évidemment de la construire travées par travées, en soutenant seulement l'extrémité de la poutre en construction par un échafaudage volant, ou mieux encore par des haubans amarrés sur la rive d'arrivée (fig. 9).

Dans ce dernier cas il serait absolument nécessaire d'amarrer également sur la rive de départ l'extrémité de la poutre déjà construite.

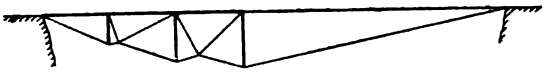


Fig. 9. — Montage de la poutre au moyen de haubans.

On pourrait encore profiter de la forme parabolique de cette poutre pour employer quelquefois avec avantage le système de cintres funiculaires représenté par le diagramme de la figure 10.

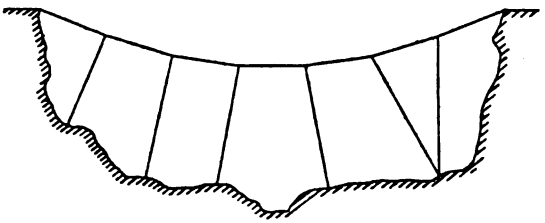


Fig. 10. — Montage de la poutre au moyen des cintres funiculaires.

Enfin il serait peut-être possible de simplifier le travail en jetant d'abord en travers de la brèche les deux chaînettes formées par le système des cordons inférieurs préalablement assemblés entre eux. On viendrait ensuite disposer successivement, sur les points d'articulation ainsi obtenus, les palées et les différents éléments qui composent chacune des travées, en ayant soin, au moyen de palans convenablement disposés, de retrousser en même temps les nœuds à la hauteur voulue pour permettre leur assemblage avec les bracons. Pendant toute la durée de cette opération, la rigidité de la construction serait maintenue au moyen de haubans disposés comme ceux de la figure 10. Ces haubans seraient lâchés au fur et à mesure de l'avancement du travail de façon à permettre la déformation progressive du système.

GISCLARD,
Chef de bataillon du génie.

NOTE

SUR LES

MORTIERS ET BÉTONS

DE CIMENT

En raison de l'importance toute spéciale qu'a prise depuis plusieurs années la question des mortiers et bétons au point de vue de l'exécution des travaux de défense militaire, nous avons pensé que les expériences dont la relation suit, bien que visant plus particulièrement les constructions maritimes, pourraient intéresser les officiers du génie aussi bien que les ingénieurs et, à ce titre, trouver place dans la *Revue du génie*.

Toutefois, avant de commencer à les décrire, nous croyons devoir prévenir le lecteur de l'objectif spécial que nous nous proposions en les exécutant, laissant à chacun le soin de distinguer ce qui peut l'intéresser plus particulièrement.

La présente Note[1] comprend trois parties traitant respectivement d'abord des sables et mortiers, puis des cailloux et bétons, et enfin, mais en quelques mots seulement et pour compléter l'idée d'ensemble, des remplissages constitués par des matériaux bruts de dimensions plus considérables.

1° SABLES.

Dans la plupart des chantiers où l'on a à fabriquer de

1. Copie presque littérale d'un rapport adressé en mars 1890 à M. le Ministre des travaux publics.

grandes quantités de mortier, il est d'usage de mesurer le sable au volume et le ciment au poids.

Cette manière de procéder est la plus logique, car le point à considérer est le volume qu'on pourra faire occuper par le mortier, volume qui généralement diffère peu de celui du sable employé, dont le ciment doit boucher les vides.

Elle est aussi la plus pratique, attendu que la pesée du sable exigerait une main-d'œuvre plus compliquée, et que d'autre part, le ciment est livré tout pesé par le commerce en sacs de 50 kg ou en barils de 200 kg.

Par contre, le mesurage du sable au volume ne présente pas la même exactitude que la pesée, et peut donner lieu à d'importantes erreurs de dosage.

Les expériences ci-dessous, faites au laboratoire établi à Boulogne par l'administration des Ponts et Chaussées pour le contrôle et l'étude des ciments Portland, mettent ces écarts en évidence en même temps qu'elles montrent comment peut varier le poids du mètre cube du sable suivant la grosseur, la composition et les conditions d'emploi de cette matière.

Capacité des jauges. — En premier lieu, le poids calculé pour un mètre cube de sable varie suivant la capacité des jauges avec lesquelles on opère, même si l'on a soin de les remplir toujours de la même manière de façon à obtenir un tassement aussi uniforme que possible. En général, plus l'épaisseur du sable mesuré est grande, plus il se tasse dans la boîte par l'effet de son propre poids, et plus est élevé le poids correspondant pour un mètre cube. Les colonnes 5 et 11 du tableau I mettent en regard les tassements trouvés pour divers mélanges sableux suivant qu'on les mesurait dans une boîte d'un litre ou dans une boîte de 50 litres.

Remplissage de la jauge. — Il est évident que la manière dont on verse le sable dans la boîte qui sert à le mesurer

MÉLANGES SABLEUX (quartzite moulu; densité : 2,65). Proportions en poids des grains.			MÈTRE CUBE DE SABLE mesuré dans une boîte d'un litre.						MÈTRE CU de sable mesuré dans un de 50 litres.		
			MATIÈRE non tassée.		MATIÈRE tassée à refus.		TASSEMENT				
G	M	F	Poids.	Vol. plein réel.	Poids	Vol. plein réel.	absolu [2].	relatif [3].	POIDS d'un m³.	VOL. plein réel.	Vo
			gr	cm³	gr	cm³	cm³	p. 100	kg	dm³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
10	0	0	1388	524	1591	600	76	14,5	1333	503	
8	2	0	1459	551	1660	626	75	13,6	1384	523	
8	0	2	1561	589	1885	711	122	20,7	1546	583	
6	4	0	1454	549	1718	648	99	18,0	1415	534	
6	2	2	1587	599	1972	744	145	24,3	1580	596	
6	0	4	1614	609	2090	789	180	29,5	1686	637	
4	6	0	1451	547	1683	635	88	16,1	1405	531	
4	4	2	1576	595	1997	753	158	26,5	1571	592	
4	2	4	1598	603	2071	782	179	29,6	1658	625	
4	0	6	1537	580	2037	769	189	32,6	1605	607	
2	8	0	1387	523	1630	615	92	17,6	1365	516	
2	6	2	1518	573	1889	713	140	24,4	1528	578	
2	4	4	1541	581	2038	769	188	32,3	1600	604	
2	2	6	1492	563	2022	763	200	35,5	1566	591	
2	0	8	1387	523	1922	725	202	38,6	1480	559	
0	10	0	1328	501	1561	589	88	17,6	1302	491	
0	8	2	1446	546	1783	673	127	23,3	1441	544	
0	6	4	1485	560	1970	744	184	32,8	1517	571	
0	4	6	1451	548	1932	729	181	33,0	1489	562	
0	2	8	1350	509	1851	698	189	37,1	1412	533	
0	0	10	1271	480	1768	667	187	39,0	1324	500	
Maxim. des 66 types.			1627	614	2110	796	202	39,0	1686	637	
Formule corresp.. .			$G^5M^1F^4$		$G^5M^0F^5$		$G^2M^0F^8$	F pur	$G^6M^0F^4$		Sa
Minim. des 66 types.			1388 1328 1271	524 501 480	1591 1561 1768	600 589 667	76 88	14,5	1333 1302 1324	503 491 500	
Formule corresp. . .			Sables purs.				G et M purs	G pur	Sables purs.		G

1. Poids du m³ déterminé sur 50 litres.
2. Volume réel du sable qu'on a pu ajouter par suite du tassement du sable non tassé
3. Rapport de ce même volume au volume réel du sable non tassé.

MORTIERS 250 k de ciment par m³ de sable [1].				MORTIERS à 500 kg de ciment par m³ de sable [1].			
	DÉCOMPOSITION de 1 000 m³ de mortier frais.			VOLUME de mortier frais fourni par 1 m³ de sable.	DÉCOMPOSITION de 1 000 cm³ de mortier frais.		
	Matières solides.	Eau.	Vides.		Matières solides.	Eau.	Vides.
	cm³.	cm³	cm³	dm³	cm³	cm³	cm³
	14	15	16	17	18	19	20
	610	107	283	958	688	183	129
	642	121	237	959	705	190	105
	714	176	110	990	745	225	30
	652	130	218	969	708	195	97
	725	190	85	1029	734	226	40
	747	231	22	1100	717	260	23
	643	137	220	991	693	200	107
	713	196	91	1047	720	230	50
	726	241	33	1110	704	261	35
	695	270	35	1132	670	290	40
	621	141	238	1005	667	206	127
	687	202	111	1046	703	237	60
	703	250	47	1105	685	265	50
	674	285	41	1132	657	297	46
	637	310	53	1141	616	327	57
	591	145	264	997	642	220	138
	674	206	120	1030	661	248	91
	678	256	66	1086	670	270	60
	649	291	60	1111	643	296	61
	619	318	63	1116	607	328	65
	586	355	59	1126	571	375	54
			283				129
	750	355	264	1141	745	375	138
	$G^7M^0F^3$	F pur.	G et M purs.	$G^2M^0F^5$	$G^0M^0F^2$	F pur.	G et M purs.
	610 591 586	107	21	949	688 642 571	183	22
	Sables purs	G pur.	$G^5M^0F^5$	$G^0M^0F^1$	Sables purs	G pur.	$G^7M^0F^3$

doit aussi influer sur son tassement. La quantité de sable introduite à la fois (contenu d'une pelletée), la hauteur dont on la laisse tomber, les trépidations imprimées ou non à la boîte pendant le remplissage, le tassement variable donné ou non avec le plat de la pelle sur la surface du sable, l'arasage plus ou moins parfait de la mesure pleine, sont autant de facteurs dont on doit tenir compte et qu'il est nécessaire de spécifier quand on cite une expérience.

Toutefois, leur influence n'est pas la même pour tous les sables. Tandis qu'elle est relativement faible pour les sables composés de grains assez gros et de dimensions peu différentes, elle augmente rapidement quand le sable devient plus mélangé et en particulier quand il contient des proportions croissantes de fine poussière.

Cette loi, facile à expliquer par la pénétration progressive des grains fins dans les intervalles des plus gros, est bien mise en évidence par les colonnes 8 et 9 du tableau I.

Les expériences ont été faites en remplissant au moyen d'une cuiller une mesure cylindrique d'un litre des divers mélanges sableux étudiés, une première fois en évitant de donner à la mesure aucune secousse, puis une seconde fois en imprimant de légers chocs contre les parois de la boîte pendant toute la durée du remplissage et ajoutant toujours de la matière jusqu'à ce que de nouvelles trépidations n'amenassent plus aucune réduction de volume.

Humidité du sable. — Une des principales causes pouvant occasionner des erreurs dans le dosage des mortiers consiste en ce que le tassement du sable dans les jauges est extrêmement variable suivant le degré d'humidité de cette matière. L'humidité a pour effet, tant qu'elle ne dépasse pas une certaine limite, de s'opposer au glissement des grains les uns sur les autres et par suite au tassement du sable.

Nous avons fait l'expérience avec deux échantillons de

sable très différents, l'un très fin, provenant d'une dune à Boulogne, l'autre plus gros, ramassé sur la côte, et qu'on emploie presque exclusivement pour les travaux dans le même port. Ces sables étaient versés à la pelle d'une manière aussi régulière que possible dans une boîte de 50 litres analogue aux brouettes jaugées qui servent généralement sur les chantiers pour le mesurage du sable employé à la fabrication des mortiers. Chacun, préalablement bien séché au soleil jusqu'à ce qu'un échantillon pris dans sa masse n'éprouvât plus de perte de poids par séchage à 100°, a été successivement additionné de poids d'eau croissants. Après chaque nouvelle addition d'eau, on avait soin de bien mélanger la matière de manière à la rendre parfaitement homogène, et on déterminait le poids de la boîte de 50 litres. On en déduisait le poids du mètre cube mesuré dans les mêmes conditions que sur le chantier, de même que le poids de sable sec contenu dans un mètre cube de sable humide.

Les poids trouvés ont été les suivants :

Proportion d'eau mouillant 100 kg de sable sec . .	0	kg 0,500	kg 1	kg 2	kg 3	kg 5	kg 10
Perte de poids subie après séchage par 1 kg de sable humide	0	gr 5,0	gr 9,9	gr 19.6	gr 29,1	gr 47,6	gr 90,8
Sable de dune.							
Poids de 1 m³ de sable humide	kg 1 458	kg 1 310	kg 1 238	kg 1 213	kg 1 209	kg 1 208	kg 1 266
Poids de sable sec contenu dans 1 m³ de sable humide	1 458	1 304	1 226	1 189	1 174	1 151	1 149
Gravier de côte.							
Poids de 1 m³ de sable humide	1 514	1 463	1 412	1 260	1 221	1 229	1 305
Poids de sable sec contenu dans 1 m³ de sable humide	1 514	1 456	1 398	1 235	1 185	1 171	1 187

On voit qu'une très faible proportion d'eau suffit pour abaisser énormément le poids du sable entrant dans un mètre cube. Ainsi pour 2 p. 100 d'eau, ce poids est inférieur de 20 p. 100 à celui du même sable mesuré sec. Quand le degré d'humidité augmente, ce poids tend à devenir constant ou même à remonter légèrement.

On se rendra un compte plus exact de ces variations par l'examen de la figure 1 qui est la traduction graphique des résultats obtenus.

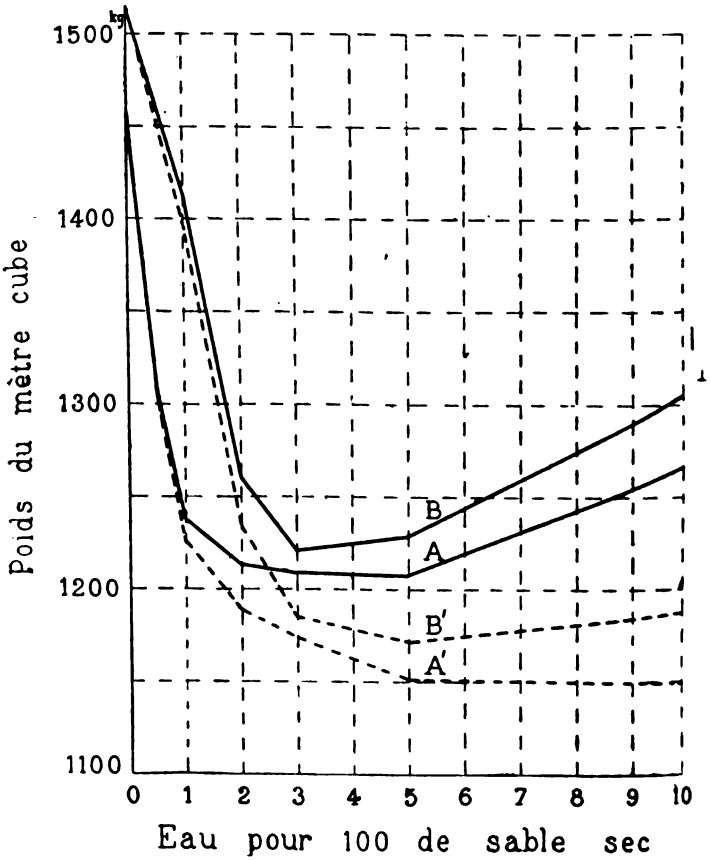


Fig. 1. — A, poudre de 1m³ de sable de dune sec. — A', poudre de sable sec contenu dans 1m³ de sable de dune humide. — B, poids de 1m³ de gravier de côte sec. — B' poids de gravier de côte sec contenu dans 1m³ de gravier de côte humide.

Le tableau ci-dessous, déduit des mêmes nombres, montre combien la richesse du mortier peut différer suivant le degré d'humidité du sable.

Tableau montrant l'influence de l'humidité du sable de dune sur le dosage.

SABLE de DUNE.	Dosages à obtenir (poids de ciment par m³ de sable sec.	DOSAGES qu'on obtiendrait en employant du sable humide au lieu de sable sec.					POIDS DE CIMENT à employer par m³ de sable humide pour obtenir les dosages proposés.				
Proportion d'eau mouillant 100 kg de sable sec.	0	0,500 kg	1 kg	2 kg	3 kg	5 à 10 kg	0,500 kg	1 kg	2 kg	3 kg	5 à 10 kg
	200	224	238	245	249	254	179	168	163	161	158
	300	335	357	368	373	281	269	253	244	241	236
	400	446	486	490	497	508	359	336	326	321	315
	500	559	595	612	621	634	448	421	408	402	394
	600	670	714	735	745	761	538	505	489	482	473
	800	895	951	980	995	1015	716	671	652	643	630
	1000	1119	1190	1226	1242	1270	895	840	816	804	788

Il en résulte qu'en général les mortiers sont plus riches en hiver qu'en été et qu'on doit se méfier de ceux qui sont fabriqués après une longue durée de sécheresse, comme devant être plus maigres que la moyenne.

La loi qui vient d'être établie relativement à la variation du tassement des sables suivant leur degré d'humidité cesse d'être exacte quand la proportion d'eau dépasse une certaine limite, laquelle est d'autant plus élevée que le sable contient une plus forte proportion de grains fins. Dans ce cas, le tassement augmente avec la quantité d'eau, et peut devenir supérieur à celui du sable sec. C'est ainsi qu'un des moyens employés dans la pratique pour accélérer le tassement de remblais en sable consiste à les arroser à grande eau.

On fait souvent l'expérience en petit en emplissant de sable une mesure jaugée et versant de l'eau par dessus. Aussitôt on voit le niveau baisser, de sorte que le volume occupé par le sable et l'eau réunis est inférieur à celui du sable sec. Toutefois ce procédé se prêterait mal à une mesure exacte du tassement. Il serait préférable de faire arriver l'eau par la partie inférieure de la masse du sable, de manière qu'en montant progressivement, le liquide puisse chasser à travers la couche supérieure de sable sec l'air auquel il se substitue. D'ailleurs les résultats obtenus ainsi seraient sans doute très variables, non seulement suivant la nature du sable, mais aussi suivant la forme et la capacité du vase employé.

Nous avons fait l'expérience d'une autre manière, en délayant avec beaucoup d'eau le sable à l'état de bouillie liquide, et versant cette bouillie dans une éprouvette graduée. Après repos de quelques heures, l'eau en excès était remontée à la surface et nous lisions le volume occupé par le sable mouillé. Nous avons ainsi constaté que le poids de sable de dune qui, mesuré sec et sans tassement, occupait un volume d'un litre, n'occupait plus, saturé d'eau, que 0,888 l.

Le tableau ci-contre résume les observations faites avec le sable de dune de Boulogne.

De la diversité de ces nombres, on peut conclure en particulier qu'il n'y a pas grande confiance à avoir dans les calculs par lesquels on a souvent la prétention de déterminer la proportion minimum de ciment qu'il convient de combiner à un sable donné pour obtenir un mortier compact.

En effet, ce poids de ciment est calculé d'après le volume des vides existant dans le sable mesuré plus ou moins sec et plus ou moins tassé, volume extrêmement variable comme on vient de le constater, et qui, *à fortiori*, peut différer dans une très large mesure de celui des intervalles restant entre les grains du même sable réduit à

CONDITIONS de L'EXPÉRIENCE.	POIDS CALCULÉ de sable sec entrant dans 1 m³ de sable essayé. kg	VOLUME de l'eau et des vides restant entre les grains de sable (poids spécifique du sable = 2,65). m³
Sable sec versé à la pelle dans une boîte de 50 litres	1 458	0,450
Sable humide mesuré dans les mêmes conditions	de 1458 à 1149 (voir suprà)	0,450 à 0,567
Sable sec versé sans tassement dans une mesure d'un litre	1 471	0,445
Sable sec tassé à refus par trépidations dans une mesure d'un litre	1 721	0,350
Sable saturé d'eau mesuré dans une éprouvette d'un litre	1 656	0,375

l'état de mortier par l'introduction du ciment et de l'eau et le malaxage plus ou moins prolongé de la pâte ainsi obtenue.

En admettant pour un moment que ce vide soit comparable à celui du sable saturé d'eau, soit 0,375, le poids de ciment qu'on en déduirait serait à celui calculé pour le sable contenant 5 p. 100 d'humidité comme 375 est à 567, soit environ dans le rapport de 2 à 3.

D'ailleurs, de nombreuses expériences, dont la relation nous entraînerait trop loin du sujet de cette Note, nous ont montré qu'il existe pour chaque sable une proportion minimum de vides (nulle toutefois pour certains sables) qu'on ne peut arriver à remplir quel que soit le poids du ciment introduit dans le mortier.

Sables contenant des cailloux. — Si, après avoir étudié les variations de poids résultant d'influences étrangères à la nature et à la composition du sable employé, nous abordons maintenant la comparaison de sables différents supposés tous secs et mesurés de la même manière, leurs poids présenteront encore de grandes différences.

En premier lieu, il convient de remarquer qu'un sable contenant des cailloux devra peser plus lourd, à volume égal, que le même sable passé à la claie, puisque ces cailloux rempliront de matière pleine un espace qui, s'ils n'existaient pas, serait occupé par des grains de sable séparés par des vides.

Toutefois il n'en serait plus de même si la proportion de cailloux était assez considérable pour que ceux-ci arrivent à se toucher en laissant entre eux des vides que la trop faible proportion de sable mélangé ne suffirait pas à boucher entièrement. Mais c'est là un cas qui ne présente guère d'intérêt au point de vue de la fabrication des mortiers, attendu qu'on n'aurait jamais l'idée d'employer comme sables de pareils mélanges.

Ces observations se trouvent confirmées par l'expérience suivante faite en mélangeant en différentes proportions un sable pur et des cailloux.

Nous avons pris pour sable du gravier de côte de Boulogne passé au tamis de 4 mailles par centimètre carré (largeur intérieure d'une maille = 4 mm), et pour cailloux un mélange de deux parties en poids de cailloux passant à l'anneau de 10 mm de diamètre et retenus par le tamis de 4 mailles au cm², et d'une partie de cailloux passant à l'anneau de 20 mm de diamètre et retenus par l'anneau de 10 mm.

Proportion de sable en poids . .	100	97	91	85	70	55	40	25	10	0
Proportion de cailloux en poids .	0	3	9	15	30	45	60	75	90	100
Poids du m³ de mélange (déterminé sur 50 litres). . . . kg	1600	1625	1656	1686	1744	1769	1730	1604	1473	138[illegible]

Il semble résulter de cette loi que, tant que la proportion de cailloux mélangée au sable n'est pas trop forte, du

moment que le poids du mètre cube de sable augmente avec elle, les mortiers obtenus en prenant un même poids de ciment par mètre cube de sable doivent être d'autant plus maigres que le sable contient plus de cailloux. Pourtant c'est plutôt le contraire qui a lieu, car en réalité le poids de sable proprement dit contenu dans un mètre cube de sable mélangé est inférieur au poids du mètre cube de sable pur, et donne avec le ciment un mortier plus riche au milieu duquel se trouvent disséminés, sans guère l'amaigrir, les cailloux introduits avec le sable.

Par exemple, un mortier à P kg de ciment par mètre cube de sable ci-dessus étudié contenant 15 p. 100 de cailloux sera composé de :

Ciment . . kg	P	mortier proprement dit.
Sable . . . kg 1 686 × 0,85 =	1 433	mortier proprement dit.
Cailloux . . kg 1 686 × 0,15 =	253	cailloux noyés dans le mortier.

tandis qu'un mortier à P kg de ciment par mètre cube de sable pur contiendra :

Ciment. . . . . kg	P
Sable . . . . . kg	1 600.

Toutefois ce raisonnement suppose que la proportion de cailloux n'est pas trop considérable.

Quoi qu'il en soit, on s'affranchira des causes d'erreurs provenant de la présence des cailloux en éliminant ceux-ci au moyen d'une claie ou d'un tamis, de manière à opérer toujours sur du sable pur. D'ailleurs cette précaution s'impose d'elle-même dans la plupart des cas.

Au laboratoire de Boulogne, nous avons pris l'habitude de considérer comme cailloux tous les grains retenus par le tamis de 4 mailles au centimètre carré.

Grosseur du sable. — En général, quand, dans les laboratoires, on se propose d'étudier l'influence de la grosseur du sable sur une propriété quelconque des mortiers, on opère sur des sables calibrés, c'est-à-dire débarrassés de

tous les grains trop gros restant sur un tamis donné, de même que de tous les grains passant à travers un autre tamis un peu plus fin que le premier. En faisant varier la grosseur des tamis on obtient ainsi une série d'échantillons dont chacun est composé de grains sensiblement égaux entre eux.

Dans le cas limite où chaque sable serait composé de grains rigoureusement égaux et de même forme, ces grains, versés d'une manière uniforme dans une mesure, devraient s'y grouper suivant la même loi, en donnant, quelle que soit leur grosseur commune, des ensembles géométriquement semblables dans lesquels le rapport des vides aux pleins serait le même, de sorte que le poids du mètre cube demeurerait indépendant de la grosseur du sable[1].

Si à un pareil sable on ajoute des grains de dimension un peu différente, l'expérience montre que son tassement tendra dans une certaine mesure à augmenter en même temps que l'écart existant entre les dimensions des grains extrêmes.

Dès lors on conçoit que les poids du mètre cube des divers sables calibrés sur lesquels on opère généralement doivent être sensiblement égaux et ne présenter entre eux d'autres écarts que ceux qui peuvent résulter du plus ou moins de différence existant entre les dimensions des mailles des deux tamis ayant servi à préparer chacun de ces sables.

En général, cette manière d'opérer conduit à des poids qui croissent un peu à mesure que le sable devient plus fin. Ce résultat s'explique par ce fait que, l'égalité absolue des grains d'un même sable ne pouvant être pratiquement réalisée, si l'on considère un certain nombre de sables de grosseurs différentes et dont chacun paraît bien régulier,

1. Si on suppose un sable théorique composé de grains sphériques égaux, incompressibles, considéré à son maximum de tassement (chaque sphère tangente à 12 autres), il est facile de calculer que le rapport du volume plein réel au volume total du sable est, quel que soit le diamètre des sphères, égal à $\frac{\pi\sqrt{2}}{6}$, ce qui correspond à environ 26 p. 100 de vides.

tandis que la différence absolue entre les dimensions des grains extrêmes contenus dans un même sable est sensiblement la même pour tous les échantillons, leurs écarts relatifs vont au contraire en augmentant avec la finesse du sable, de sorte qu'en réalité les sables les plus fins sont moins réguliers que les plus gros, et doivent par suite présenter une moindre proportion de vides.

En réalité, les sables naturels qu'on a l'occasion d'employer sur les chantiers ne sont plus ou moins gros que par la prédominance de telle ou telle catégorie de grains, mais contiennent toujours d'autres grains de dimensions souvent très différentes, dont les proportions et les différences relatives de grosseur influent seules sur le poids du sable total, puisque, comme on vient de le voir, des sables absolument réguliers mais de grosseurs variables se tasseraient tous de la même manière.

Aussi considérons-nous comme donnant, dans la plupart des cas, des renseignements tout à fait insuffisants et souvent même trompeurs, l'emploi des sables calibrés dans les recherches qui se rapportent aux diverses influences pouvant résulter pour les mortiers de la grosseur du sable entrant dans leur composition.

Dès lors nous croyons que le principe à observer dans ces recherches doit être, si compliqué que cela puisse paraître *à priori*, de comparer tous les sables qu'on peut avoir à employer dans la pratique à un nombre limité, mais suffisant, de types convenablement choisis et étudiés d'avance une fois pour toutes, types composés par le mélange en proportions variables de sables calibrés de différentes grosseurs.

Nous nous trouvons donc ainsi amenés à étudier comment varie le poids du mètre cube d'un sable quelconque suivant les proportions relatives des différentes grosseurs de grains qu'il contient, c'est-à-dire suivant ce que nous appellerons, pour abréger, la *composition granulométrique* de ce sable.

Composition granulométrique du sable. — Étant donné un sable quelconque débarrassé de ses cailloux, par exemple au moyen du tamis de 4 mailles par cm², et contenant des grains de toutes les grosseurs, depuis 0 jusqu'aux plus gros passant encore à ce tamis, on peut, au moyen d'une série de tamis échelonnés, le séparer en autant qu'on veut de catégories de grains, qui, recombinées ensemble en proportions variées, donneront autant qu'on voudra de mélanges artificiels dont les compositions granulométriques se rapprocheront d'autant plus de celles de tous les sables naturels possibles débarrassés de leurs cailloux, que le nombre des sables divisionnaires calibrés et celui des combinaisons qu'on en aura faites seront plus élevés.

Pour atteindre ce but sans toutefois trop multiplier le nombre des types à étudier, nous avons séparé le sable entier en trois catégories de grains définies comme suit :

Gros grains G. .	passant au tamis de 4 mailles par cm²; retenus par celui de 36 mailles par cm²;
Grains moyens M	passant au tamis de 36 mailles par cm²; retenus par celui de 324 mailles par cm²;
Grains fins F . .	tous ceux qui passent au tamis de 324 mailles par cm²;

dont nous avons fait ensuite toutes les combinaisons possibles, de telle sorte que, chaque mélange étant supposé composé de 10 parties égales, chacun des trois sables divisionnaires G, M, F entrât pour un nombre entier ou nul de ces parties. Nous avons ainsi obtenu 66 types granulométriques distincts, dont chacun peut être représenté par un symbole de la forme $G^x M^y F^z$ analogue à ceux de la chimie, et dans lequel les trois exposants x, y et z représentent les proportions des trois sables correspondants, et sont des nombres entiers ou nuls dont la somme doit toujours être égale à 10.

La matière employée étant du quartzite de Cherbourg moulu, de densité égale à 2,65, nous avons déterminé le poids du mètre cube de ces divers mélanges, employés toujours bien secs et versés à la pelle, sans autre tassement, dans une boîte de 60 litres (profondeur = 20 cm) placée à la hauteur d'une brouette ordinaire de chantier. Les colonnes 10 à 12 du tableau I donnent les poids trouvés pour un certain nombre seulement de ces mélanges (valeurs paires de x, y et z), de même que les proportions de vides correspondantes.

On constate que le poids, sensiblement le même pour les trois sables G, M et F employés purs, augmente rapidement à mesure que les mélanges deviennent plus complexes et atteint pour le mélange $G^6 M^0 F^4$ son maximum de 1,686 kg, supérieur de 30 p. 100 au minimum de 1 302 kg relatif au sable M.

De cette variabilité du poids du mètre cube suivant la composition granulométrique du sable, doivent résulter nécessairement de notables écarts dans le rendement et la composition des mortiers. C'est ce que nous avons vérifié par de nombreuses expériences dont nous nous bornons dans cette note à relater sommairement quelques résultats aux colonnes 13 à 20 du tableau I, pour indiquer quelle peut être l'importance de ces écarts. Pour chaque mortier, la proportion d'eau à employer était déterminée expérimentalement de telle sorte qu'il eût une bonne consistance plastique d'emploi.

Forme des grains. — D'ailleurs le poids du mètre cube de sable est encore susceptible de varier, avec la forme des grains, ainsi qu'il est facile de le concevoir, la disposition relative des grains dans la jauge devant nécessairement différer suivant leur forme.

On peut s'en rendre compte par l'expérience suivante, faite avec quatre sables de provenances différentes amenés à avoir même composition granulométrique ($G^5 M^3 F^2$).

NATURE DU SABLE.	VOLUME DE VIDE restant dans un litre de sable	
	non tassé. cm³	tassé à refus. cm³
Sable naturel à grains arrondis.	349	256
Quartzite de Cherbourg moulu (grains anguleux)	421	274
Coquillages concassés (grains plats)	443	318
Résidu du concassage de quartzites de Cherbourg dans un appareil à mâchoires (grains lamelleux)	475	346

Nous indiquons seulement ici le volume des vides pour nous dégager des variations de poids dues aux différences de poids spécifiques de ces matières. On voit qu'il augmente à mesure que les grains deviennent moins réguliers.

Conclusions relatives à la fabrication des mortiers. — En résumé, il ressort de ce qui précède que, tandis qu'on doit dans tous les cas se tenir rigoureusement en garde contre les erreurs de dosage pouvant résulter pour les mortiers du procédé employé pour mesurer le sable et surtout du degré d'humidité de cette matière ; au contraire, la composition granulométrique idéale dont on doit chercher à se rapprocher, pour obtenir le meilleur mortier, varie suivant le but qu'on se propose. Si l'on n'a d'autre objectif que de remplir le plus grand volume avec le moins possible de matière, il sera avantageux d'employer un sable très régulier, c'est-à-dire contenant la plus grande proportion possible de grains de même grosseur. Si, au contraire, on désire un mortier compact et résistant, comme c'est le cas pour les travaux de fortification, on devra s'attacher à faire usage d'un sable constitué par la réunion de grains de toutes dimensions. Il pourra même être extrêmement avantageux d'employer un mélange de deux sables de grosseurs très différentes ne contenant qu'une faible proportion de grains intermédiaires.

2° PIERRAILLES [1].

Les diverses considérations qui viennent d'être exposées au sujet du tassement des sables sont, comme on l'a vu, à peu près indépendantes des dimensions absolues des grains. De là on peut conclure *à priori* qu'en général elles s'appliqueront encore au cas des sables à grains très gros, c'est-à-dire de graviers et même de pierrailles.

L'étude des variations du poids du mètre cube des pierrailles pouvant présenter une grande importance au point de vue de la fabrication des bétons, nous l'aborderons donc à son tour, avec un peu moins de détails toutefois que celle des sables ci-dessus discutée, en raison même de l'étroite analogie des deux questions.

Influences étrangères à la composition des pierrailles. — On peut admettre que les actions capillaires qui s'exercent entre les grains de sable et s'opposent plus ou moins à leur glissement mutuel, deviennent à peu près négligeables, au moins quant à leurs variations, en présence du poids relativement considérable de chacun des cailloux qui constituent une pierraille. Nous considérerons donc comme très faibles les différences de tassement pouvant provenir de la capacité de la jauge employée, de la manière de la remplir, du degré d'humidité des cailloux et en général de toutes les influences étrangères à la composition de la pierraille.

Composition granulométrique de la pierraille. — Par contre, cette composition a une importance comparable à celle que nous venons de constater dans le cas des sables.

Pour nous en rendre compte, nous avons, comme ci-dessus pour les sables, décomposé une pierraille contenant

1. Nous donnons ici le nom générique de pierraille à tout ensemble de cailloux, de même qu'un sable est un ensemble de grains.

des cailloux de toutes grosseurs en un certain nombre de pierrailles calibrées de grosseurs différentes que nous avons ensuite remélangées en diverses proportions. Les tamis employés à cette séparation n'étaient autres que des boîtes de bois ouvertes dont chacune avait pour fond une plaque de tôle percée de trous circulaires égaux d'un diamètre déterminé. Chaque pierraille composée, préalablement bien mélangée sur une aire plane, était versée à la pelle dans une mesure cubique de 50 cm de côté et jaugeant par conséquent $\frac{1}{8}$ de mètre cube ; puis la boîte était rasée et pesée.

Les nombres du tableau II montrent que, dans ce cas encore, le tassement a été le plus faible pour les matières calibrées mesurées pures, et à peu près indépendant de leurs grosseurs, tandis qu'il a augmenté quand on les a mélangées ensemble de manière à diminuer progressivement la prédominance de chacune d'elles.

Toutefois la différence des tassements extrêmes est plus faible pour les pierrailles étudiées que pour les sables, résultat qui s'explique aisément si l'on considère que l'écart existant entre les plus gros cailloux et les plus petits est relativement bien moins fort que celui des grains de sable de dimensions extrêmes.

Cette observation se trouve d'ailleurs confirmée par ce fait que nous avons constaté expérimentalement (voir 3 dernières lignes du tableau II) que le poids du mètre cube d'une pierraille commence généralement par augmenter quand on lui ajoute des morceaux dont la grosseur dépasse dans un sens ou dans l'autre celle de ses cailloux extrêmes. En particulier ce poids pourra se trouver accru dans des proportions considérables si on additionne la pierraille de gravier ou de sable, dont les grains n'auront pas de peine à se loger en abondance dans les vides restant entre les cailloux.

Tableau II.

COMPOSITION en poids des pierrailles. CAILLOUX passant à l'anneau de 90 mm, 60 mm, 40 mm, 20 mm et retenus par l'anneau de 60 mm	40 mm	20 mm	10 mm	MÈTRE CUBE DE GALETS RONDS (densité = 2,56) Poids. kg	Volume des vides. lit	PIERRES CASSÉES (densité = 2,65) Poids. kg	Volume des vides. lit
1	2	3	4	5	6	7	8
»	1	0	0	*1536*	**400**	*1235*	**534**
»	0	1	0	*1567*	**388**	*1280*	**517**
»	0	0	1	*1493*	**417**	*1270*	**521**
»	1	1	0	1644	358	1312	505
»	1 (5)	0	1 (5)	1650	356	**1402**	*471*
»	0	1	1	1590	379	1338	495
»	1	1	1	1648	355	1382	478
»	4	1	1	1676	345	1346	492
»	1	4	1	1623	366	1339	494
»	1	1	4	1582	381	1363	486
»	8	0	2	**1687**	*341*	»	»
1	0	0	0	1501	414	1266	521
1	4	1	1	1702	335	1356	488
1	1	4	1	1638	360	1365	485
1	1	1	4	1648	356	1420	464

NOTA. — Les nombres en chiffres italiques sont ceux qui, pour la première partie de ce tableau, et parmi les 66 types de formule $G^x M^y F^z$, $(x + y + z = 10)$, se rapprochent le plus d'un minimum, et les nombres en chiffres gras, d'un maximum.

Forme des cailloux. — Les essais gravimétriques qui viennent d'être décrits ont été faits parallèlement sur deux séries de pierrailles dont les cailloux, de natures et de formes toutes différentes, étaient, les uns des galets de silex roulés de forme arrondie (densité = 2,56), et les autres des débris anguleux de pierres cassées provenant d'une carrière voisine de Boulogne (densité = 2,65).

On voit par le tableau II que les poids trouvés ont été très différents. Le tassement des galets ronds a toujours été, quelle que fût la composition granulométrique de la pierraille, notablement plus fort que celui des pierres cassées, et a varié entre des limites plus étendues.

D'autre part, nous avons constaté que le volume moyen des cailloux restant entre deux tôles perforées consécutives diffère énormément suivant leur forme. Pour les deux pierrailles dont il vient d'être question, ces volumes, déterminés en pesant en bloc un nombre suffisant de cailloux de même catégorie pris au hasard, ont été trouvés les suivants :

Cailloux passant à l'anneau de .	mm	90	60	40	20
— retenus par l'anneau de.	mm	60	40	20	10
Volume moyen d'un caillou. Galets roulés . .	cm³	162	46	11	1,6
Volume moyen d'un caillou. Pierres cassées .	cm³	91	30	7,5	1,1
Rapport du 2e volume au 1er. . .		0,56	0,65	0,68	0,69

Conclusions relatives à la fabrication des bétons. — On sait que les prescriptions générales dont l'observation s'impose dans la fabrication des bétons sont les suivantes : emploi de cailloux absolument purs de sable et de terre, parfaitement lavés et encore humides, mélange intime du mortier et des cailloux, et enfin, pilonnage énergique du béton mis en place.

Quant aux conclusions à tirer des expériences ci-dessus en ce qui concerne la meilleure composition granulométrique à adopter pour les pierrailles, elles sont identiques à celles que nous avons formulées plus haut au sujet des mortiers : cailloux aussi égaux que possible, quelle qu'en soit la grosseur si l'on veut simplement occuper un grand volume avec peu de matière, ou au contraire pierraille mélangée pour les bétons auxquels on demande avant tout la résistance et la compacité.

A ces considérations s'ajoute que l'emploi de matériaux arrondis donnera généralement des bétons plus serrés que

celui des pierres anguleuses et exigera de moindres proportions de mortier. Par contre, il est à craindre que l'adhérence du mortier aux cailloux ronds soit plus faible, de sorte qu'on perde d'un côté les avantages gagnés d'un autre.

Des expériences entreprises au laboratoire de Boulogne dans le but d'élucider ces questions sont restées jusqu'à présent sans grand résultat, par suite de la difficulté qu'on rencontre à évaluer la résistance ou la qualité des gros blocs de béton sur lesquels on est obligé d'opérer, étant donnée la dimension des matériaux.

Nous citerons toutefois les suivantes :

Comparaison de divers bétons. — On a fait avec quatre pierrailles (pierres cassées) de compositions granulométriques différentes et du mortier dosé à raison de 1 partie en poids de ciment pour 3 parties de gravier de Boulogne gâchées avec une proportion d'eau égale à 17 p. 100 du

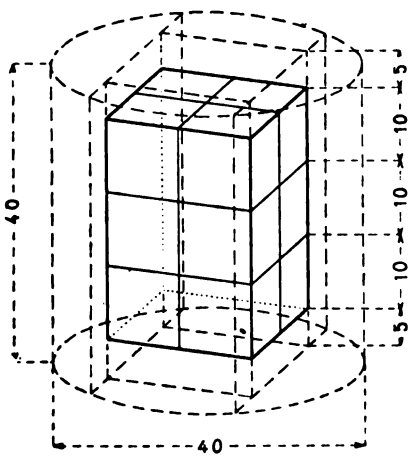


Fig. 2. — Mode de division des blocs cylindriques.

poids total de sable et de ciment, des blocs cylindriques de béton mesurant 0,40 m de hauteur sur 0,40 m de diamètre, et cubant par suite 50 litres (fig. 2).

La proportion de mortier combinée à une quantité déterminée de cailloux a été, pour chaque pierraille, calculée de manière à représenter exactement le volume des vides de cette pierraille sèche. Après parfait malaxage des matières, le béton a été introduit par petites quantités dans le moule et damé énergiquement à chaque nouvelle addition de matière. Pendant cette opération, on a constaté que les divers bétons avaient un bon aspect et paraissaient bien liés sans être pour cela trop fluides.

Après exposition d'environ quatre mois à l'air, les blocs ont été pesés, puis débités à la scie de marbrier en cubes de 0,10 m de côté, comme l'indique la figure 2, de manière à donner chacun douze cubes pris bien au centre de leur masse et répartis quatre par quatre sur trois assises horizontales consécutives. On a pu alors constater que les quatre bétons étudiés présentaient jusqu'à leur centre une contexture parfaitement compacte et qu'on n'y apercevait aucun vide.

Puis les cubes, soigneusement numérotés et repérés, ont été immergés pendant un mois dans l'eau de mer, après quoi on les a écrasés normalement au plan des lits du béton, et on a mesuré pour chacun la force nécessaire pour provoquer la rupture.

Le tableau ci-contre indique les conditions de fabrication des quatre bétons en même temps que les résistances moyennes qu'ils ont atteintes.

Il montre que :

1° Dans chaque bloc, les assises inférieures, ayant subi à damage égal plus de compressions que celles placées au-dessus d'elles, ont présenté une résistance plus élevée ;

2° Les résistances moyennes, variables suivant la composition granulométrique des pierrailles, ont été d'autant plus fortes que les cailloux dominants de chaque pierraille étaient plus gros.

Des blocs de béton analogues ont été de même confectionnés avec des pierrailles de galets ronds de silex, addi-

Tableau relatif au béton de mortier à 1/3, gâché à 17 p. 100 d'eau.

COMPOSITION granulométrique de la pierraille (pierres cassées)			VOLUME des vides d'un m³ de cailloux	VOLUME de mortier employé par m³ de cailloux	POIDS du m³ de béton.	RÉSISTANCES MOYENNES (en kg par cm²)			
						atteintes par les 4 cubes de l'assise			des 12 cubes d'un même bloc.
G	M	F	m³	m³	kg	supérieure. kg	médiane. kg	inférieure. kg	kg
4	1	1	0,492	0,492	2 296	144	143	172	153
1	4	1	0,494	0,494	2 272	141	141	154	145
1	1	4	0,486	0,486	2 276	106	121	133	120
2	2	2	0,478	0,478	2 264	115	132	151	133

tionnées de volumes de mortier égaux aux volumes des vides de chacune d'elles. Bien que ces bétons fussent moins riches en mortier que les précédents, ils ont encore présenté au moment de leur fabrication un aspect assez compact. Après séchage, leur poids par mètre cube était un peu plus élevé que celui des bétons de pierres cassées (en moyenne 2 310 kg). Malheureusement il n'a pas été possible de les débiter en cubes pour les essais de résistance.

Autre expérience. — Citons encore l'expérience suivante qui montre bien l'influence de la quantité d'eau employée pour le gâchage des bétons.

Les deux bétons étudiés ont été fabriqués sur une grande échelle dans un appareil spécial employé sur les chantiers de construction des nouveaux murs de quai du port de Boulogne ; ils étaient composés l'un et l'autre de deux volumes d'une même pierraille (pierre de Marquise concassée) pour un volume de mortier dosé à raison de 450 kg de ciment par mètre cube de sable, mais différaient par la quantité d'eau introduite dans le mélange.

Pour le premier, dont la consistance était ferme, il semblait, lors du remplissage du moule, que le mortier fût en quantité insuffisante pour boucher tous les vides des cail-

loux, malgré le pilonnage énergique qu'on lui faisait subir. Au contraire, le second présentait l'aspect d'une pâte plastique parfaitement liée qui refluait sous la dame et se prêtait mal au pilonnage.

En les sciant un mois après la date de leur confection, on a constaté que, tandis que le second était parfaitement plein dans toutes ses parties, le premier présentait quelques petits vides, bien moindres toutefois qu'on aurait pu le supposer d'après son aspect à l'état frais.

Néanmoins la densité trouvée pour les deux bétons a été sensiblement la même et le plus sec a donné des résistances bien supérieures à celui dont la consistance était plus molle.

Les résultats de ces essais sont relatés dans le tableau ci-dessous :

Tableau relatif au béton de mortier à 450 kg par m³ de sable.

COMPOSITION des BÉTONS.	CONSISTANCE.	POIDS du m³. kg	RÉSISTANCES MOYENNES (en kg par cm²) des 4 cubes de l'assise supérieure. kg	des 4 cubes de l'assise médiane. kg	des 4 cubes de l'assise inférieure. kg	des 12 cubes d'un même bloc. kg
2 volumes de cailloux, 1 volume de mortier (à 450 kg de ciment par m³ de sable).	ferme	2 326	158	158	171	162
	plastique	2 300	112	108	101	107

En même temps on peut remarquer que, tandis que pour le béton sec la résistance de l'assise inférieure est, comme dans les cas étudiés plus haut, plus forte que celles des deux autres, le béton plastique, qui n'a pu être damé dans le moule, obéit au contraire à une loi tout opposée.

Il semble résulter de cette expérience que, dans le cas particulier des massifs de revêtement des ouvrages de fortification, auxquels on demande avant tout une grande résistance, il peut être avantageux d'employer des bétons

un peu secs, à condition toutefois qu'on s'assure, par un battage énergique, de leur liaison et de leur homogénéité.

Par contre, les vides qu'ils peuvent présenter rendraient souvent de pareils bétons très dangereux dans les maçonneries destinées à subir le contact de l'eau de mer, et dont la principale qualité consiste à n'offrir aucun accès aux éléments décomposants que cette eau contient en dissolution.

3° ENROCHEMENTS.

Nous venons de reconnaître que l'influence de la composition granulométrique des matières sur leur tassement était identiquement la même pour les pierrailles que pour les sables.

Si, continuant à dilater l'échelle, nous abordons maintenant l'étude des enrochements, nous pouvons sans trop de témérité induire de ce qui précède que la proportion des vides restant entre les moellons devra être d'autant plus considérable que ceux-ci seront de dimensions plus voisines et à peu près indépendante de la grandeur absolue de ces dimensions.

Il sera donc avantageux, dans bien des cas, d'employer des moellons d'enrochement de grosseur uniforme de manière à réduire le plus possible la quantité de matière à dépenser.

Dans ce cas, on peut admettre, par analogie avec les nombres trouvés pour les pierrailles, que la proportion des vides, extrêmement variable d'ailleurs suivant les conditions de l'ouvrage et la forme des moellons, atteindra la moitié environ du cube total des enrochements.

R. Feret,

Chef du laboratoire des Ponts et Chaussées, à Boulogne-sur-Mer.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

La caserne de Lichterfelde pour un bataillon d'infanterie.

La *Zeitschrift für Bauwesen,* publication officielle du ministère prussien des travaux publics, a inséré une notice sur la construction de la caserne du bataillon de tirailleurs de la garde [1], à Lichterfelde, près de Berlin.

Ce bataillon, formant corps, fait partie de la 3e brigade et de la 2e division d'infanterie de la garde. L'*Annuaire de l'armée prussienne* le fait figurer dans la série des corps de troupe d'infanterie après les régiments de grenadiers et le bataillon de chasseurs de la garde [2]. La caserne a été établie pour un effectif de 569 hommes de troupe et 6 chevaux d'officiers. Elle comprend les magasins, ateliers et bureaux du corps, un hangar pour les exercices, des logements pour 12 sous-officiers mariés (comptés dans les 569 hommes), 1 capitaine non marié, 1 médecin, 2 employés militaires [3], enfin la pension et le cercle (*casino*) des officiers du bataillon, avec des jardins, l'ensemble couvrant une superficie de 638 ares.

En comprenant tous les frais, cette caserne a coûté

1. *Das Casernement des Garde-Schützen-Bataillons in Gross-Lichterfelde bei Berlin.* (*Zeitschrift für Bauwesen,* 1891, p. 206 et pl. 36-38.) On trouve des renseignements complémentaires sur cette construction dans la *Statistique des bâtiments militaires allemands terminés durant la période 1884-1887.* (*Zeitschrift für Bauwesen,* 1889, Appendice.) Il y a entre ces deux documents quelques désaccords assez importants pour la distribution et pour les dimensions; nous prenons sur ces points la version de la notice spéciale parue en dernier lieu.

2. Le corps d'officiers de ce bataillon se compose de : 1 major, 4 capitaines, 4 premiers-lieutenants, 10 seconds-lieutenants, 1 médecin-major, 1 payeur. (*Rang- und Quartier-Liste für 1891,* p. 112.)

3. Un adjoint du génie et un casernier, ou, plus exactement, deux employés exerçant à peu près ces fonctions sans appartenir au service du génie, puisque, dans l'armée allemande, c'est l'intendance qui est chargée de l'entretien courant des bâtiments militaires.

1 492 195 fr[1], ce qui met la place d'homme de troupe à 2 622 fr. C'est là un chiffre beaucoup plus élevé que la moyenne, même en Allemagne et sans oublier qu'il s'agit d'une caserne complète pour un seul bataillon formant corps[2]. Cette construction ne saurait donc être citée comme un modèle en tous points. Nous nous bornerons à un aperçu de ses dispositions caractéristiques.

La figure 1 donne le plan d'ensemble.

Le grand bâtiment d'habitation, qui a coûté 757 775 fr,

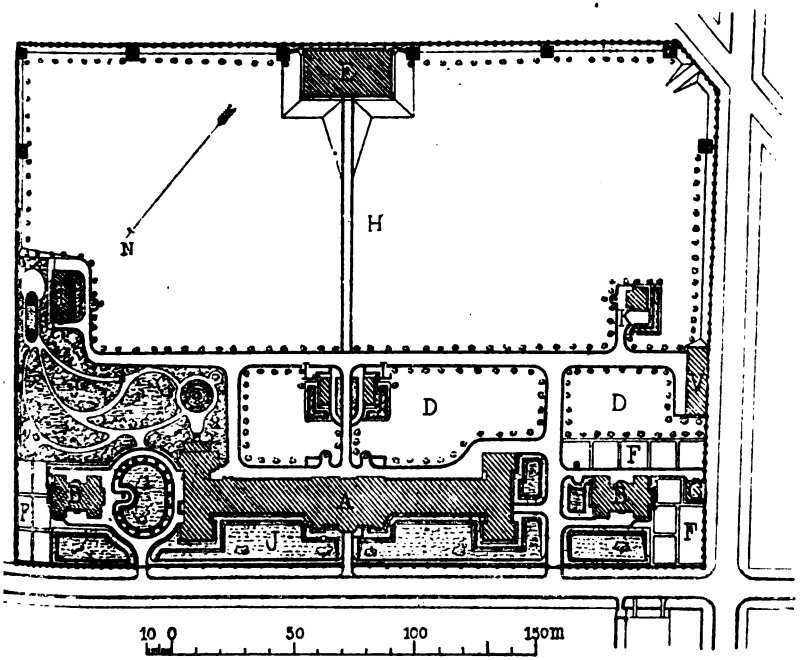


Fig. 1. — Caserne de Lichterfelde. Plan d'ensemble $\left(\frac{1}{2000}\right)$.

Légende : A, bâtiment principal ; — B, B, bâtiments pour sous-officiers ; — C, armurerie ; — D, places pour les exercices ; — E, Hangar pour les exercices ; — F, petits jardins ; — H, place pour les manœuvres ; — I, infirmerie ; — J, jardin des officiers ; — K, écurie ; — L, latrines ; — V, hangar aux voitures.

1. Nous convertissons en francs les chiffres donnés en marks et nous comptons le mark à 1,25 fr.

2. La caserne est située dans la banlieue de Berlin, près de la station de Lichterfelde, distante de 9 km de la gare du chemin de fer de Potsdam ; et nous ne pensons pas que la cherté du terrain ait été une cause

se compose d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée, de deux étages et d'un comble mansardé ; son pavillon central a un étage de plus, surmonté d'une tour pour le réservoir d'eau de la caserne. Le sous-sol mesure 3,30 m de hauteur intérieur. Il contient : la cuisine des hommes (fourneaux Senking) ; le réfectoire des hommes ; les bains par aspersion ; la cuisine des officiers ; des caves et dépôts de denrées ; la pompe à eau avec son moteur[1] (machine à air chaud, de deux chevaux). Le rez-de-chaussée et les étages ont 3,50 m de hauteur sous plafond. La distribution du rez-de-chaussée et celle du premier étage sont indiquées par les figures 2 et 3.

On remarquera le corridor longeant la façade du côté de la rue, et le système des petites chambres des soldats.

Les chambres de 10 hommes ont 5 m sur 9 m ; elles sont chauffées par des poêles régulateurs en fonte, sans disposition spéciale pour la ventilation. Les chambres des sous-officiers, les ateliers, les salles du *casino*, sont pourvues de poêles en faïence. La distribution du deuxième étage diffère peu de celle du premier. Une partie du comble mansardé, avec le troisième étage du pavillon central,

---

du prix élevé de l'ouvrage. (Il n'est pas fait mention d'acquisition de terrain dans les documents consultés.)

On ne peut pas non plus attribuer l'exagération de la dépense à un luxe excessif de décoration extérieure. (La façade monumentale est en briques sur soubassement en granit, baies ogivales à encadrements de briques vernissées, corniche à faux mâchicoulis en poterie.)

Il nous est difficile d'estimer combien a coûté le *casino* des officiers, installé dans une pile du grand bâtiment d'habitation ; le prix de ces locaux n'a pas été mis en évidence dans la statistique publiée.

Les frais accessoires signalés sont : une indemnité de 108 862 fr pour l'application du système de *tout à l'égout* (raccordement avec le collecteur et part de première mise pour l'*épandage*) ; une autre indemnité (partiellement recouvrable dans un avenir indéterminé) de 96 162 fr pour la voirie ; enfin une dépense de 43 720 fr pour achat de machines, appareils et ameublement de caserne.

Si l'on défalque ces trois sommes, le total se réduit à 1 243 450 fr ; la place d'homme de troupe revient encore à 2 185 fr.

1. Cette pompe prend l'eau d'un puits creusé jusqu'à la nappe inférieure et la refoule dans la cuve du réservoir, d'où elle est distribuée par des conduites dans toute la caserne. Il y a, d'ailleurs, six autres puits munis de pompes à bras.

qui est au même niveau, sont occupés par le magasin d'habillement. Quant au mode de construction de ce grand bâ-

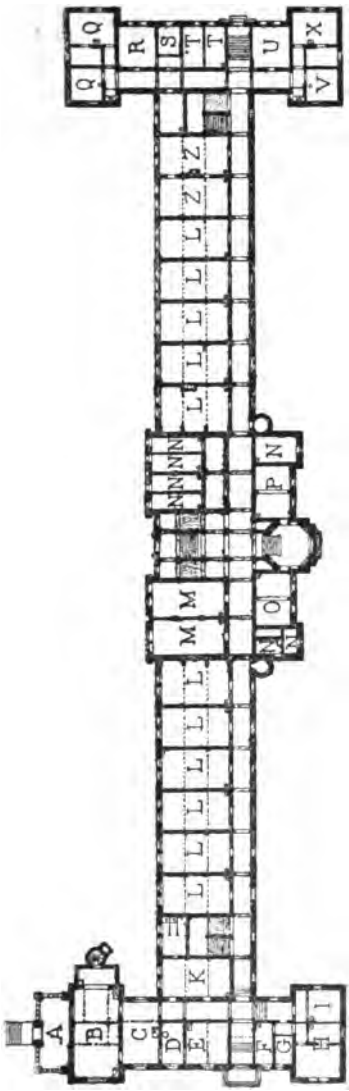


Fig. 3. — Plan du rez-de-chaussée $\left(\frac{1}{1000}\right)$.

Légende : A, portique ; — B, réfectoire ; — C, salle de rassemblement ; — D, bibliothèque ; — E, salle de billard ; — F, domestiques ; — G, cuisine ; — H, économe ; — I, ordonnance ; — K, dépôt d'effets ; — L, chambres de 10 hommes ; — M, bureaux ; — N, Cellules ; — O, poste et télégraphe ; — P, garde ; — Q, logement pour un officier ; — R, cantine ; — S, cuisine — T, cantinier ; — U, sous-officier ; — V, X, logement pour un médecin ; — Z, Z, casino pour les sous-officiers.

timent, on voit par les coupes (fig. 4) que les planchers sont

à armature métallique composée, les solives en fer allant d'une façade à l'autre, de manière à relier les murs ; l'ar-

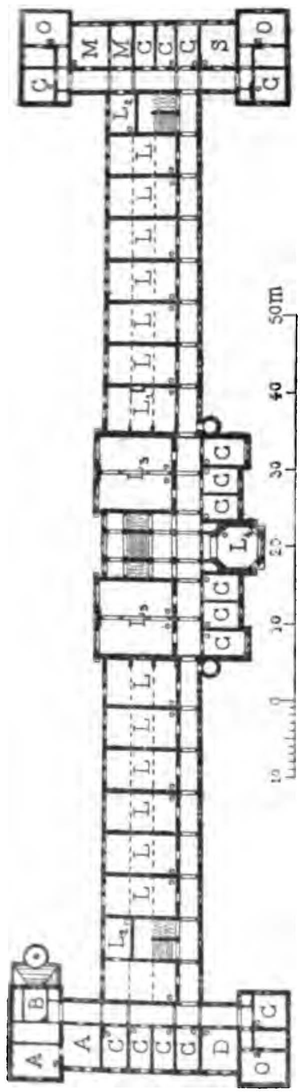


Fig. 8. — Plan du 1er étage $\left(\frac{1}{1000}\right)$.

Légende : A, capitaine ; — B, domestique ; — C, chambres d'habitation ; — D, sous-officier ; — L, chambres à 10 hommes ; — L_1, chambre à 11 hommes ; — L_2, chambre à 2 hommes ; — L_3, chambres à 20 hommes ; — L_4, chambre à 7 hommes ; — M, aide-médecin ; — O, officier ; — S, sous-officiers.

chitecte a cherché à laisser une certaine élasticité au

plancher du corridor, afin d'atténuer les trépidations produites par la circulation; une voûte formant plafond pour le corridor, et indépendante de la travure, diminue la sonorité. Les escaliers ont leurs marches en granit, posées

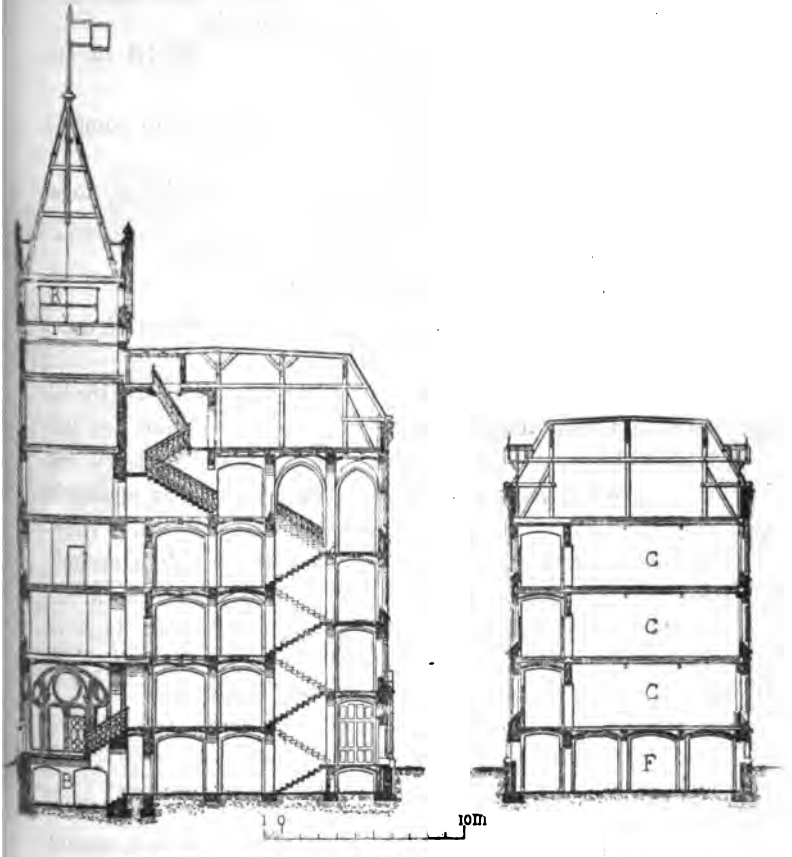


Fig. 4. — Coupes transversales du bâtiment principal $\left(\frac{1}{400}\right)$.

Légende : B, combustible ; — R, réservoir à eau ; — C, chambres à 10 hommes ; — F, réfectoire.

sur murs d'échiffre. La toiture est en ardoises pour la partie verticale de la mansarde, et en *ciment de bois* pour la partie plate de dessus.

Les deux bâtiments affectés aux sous-officiers mariés ont coûté chacun près de 60 000 fr. L'un renferme 8 logements de sous-officiers mariés. L'autre contient : 4 logements de sergents-majors mariés[1], le bureau et le logement de l'*adjoint du génie* (*Casernenin spector*), le logement du casernier (*Casernenwärter*), et la lingerie.

Le hangar pour les exercices mesure 35,10 m sur 16,90 m ; il a coûté 40 712 fr.

L'infirmerie, pour 8 lits (avec la remise d'une pompe à incendie), 16 330 fr.

L'armurerie (magasin d'armes, atelier et forge, logement du maître armurier), 13 000 fr.

L'écurie pour 6 chevaux d'officiers, 10 485 fr.

La remise pour 17 voitures, 13 336 fr.

Les deux bâtiments pour latrines, de 13 sièges chacun, ensemble 12 570 fr.

La caserne de Lichterfelde a été construite de 1881 à 1884. La rédaction des projets et la surveillance des travaux ont été confiées à M. Rossteuscher, *architecte du gouvernement* (*Regierungsbaumeister*), sous les ordres et sous la responsabilité de l'*inspecteur des bâtiments militaires* (*Garnisonbauinspector*), dont les fonctions peuvent être assimilées à celles d'un *chef du génie* en France. Les frais de direction des travaux (*Bauführung*) sont compris dans la comptabilité des ouvrages et s'élèvent à 76 287 fr, soit 6.1 p. 100 du montant des travaux.

Un stand en galerie souterraine.

Il a été fait, en 1890, à Kennington, un essai intéressant de stand en galerie souterraine, pour tirs à très petite distance. On se proposait de parer aux inconvénients présentés par le tir réduit, qui forme bien l'œil du tireur, mais ne l'habitue ni à l'impression du recul, ni à celle du bruit,

1. L'adjudant de compagnie n'existe pas en Allemagne.

qui détermine un état nerveux particulier, dont il faut triompher. Il fallait pour cela employer les charges de guerre. Comme, d'un autre côté, les Anglais n'ont qu'une médiocre confiance dans la sécurité fournie par les tirs organisés aux environs de Londres, on se décida, après de

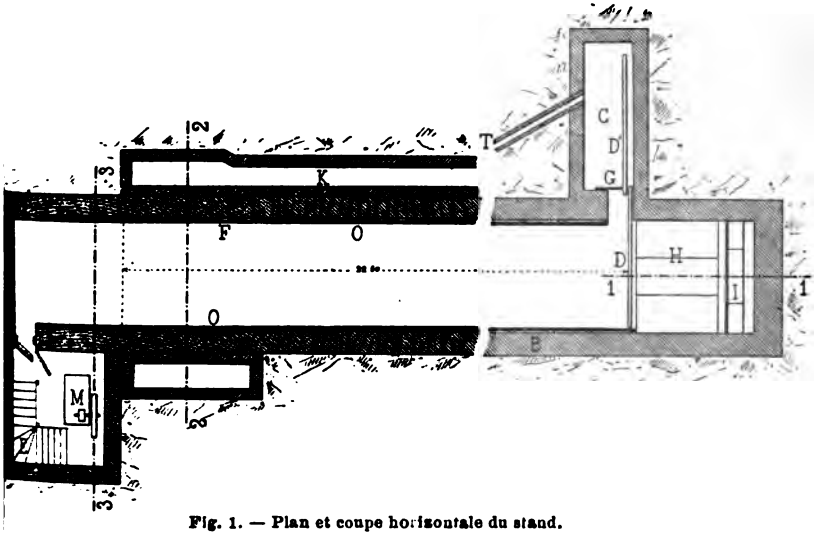


Fig. 1. — Plan et coupe horizontale du stand.

longues discussions, à créer un stand souterrain de 22,5 m de portée (25 yards). Comme ce stand présente certaines dispositions de détail intéressantes, nous en donnons la description d'après l'*Engineer*.

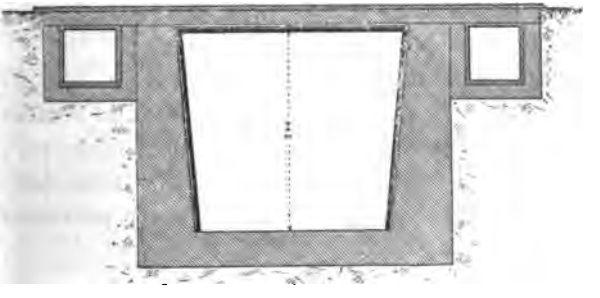


Fig. 2. — Coupe transversale du stand.

La galerie couverte (fig. 2) a des murs de revêtement en briques, avec 35 cm de béton en arrière ; ils sont établis sur un radier formé de deux couches, l'une de 11 cm de béton de chaux, l'autre de 25 cm de béton de ciment, recouverte elle-même d'une aire en ciment de Portland.

Le ciel de la galerie est en béton de ciment, de 20 cm d'épaisseur, interposé entre des poutres en fer transversales, espacées de quelques pieds.

Les cibles D, D' (fig. 3) sont à carcasse en fer, recou-

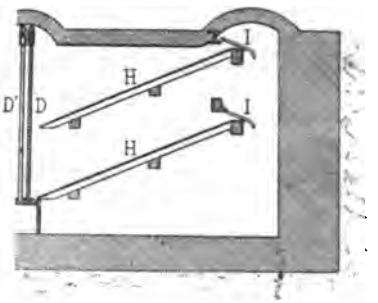


Fig. 3. — Coupe verticale 11 montrant la disposition des cibles et des plaques de ricochet.

verte de toile et de papier. En arrière se trouvent deux plaques d'acier H, H, inclinées à environ 30° sur l'horizon ; une balle qui ricoche, soulève un clapet I situé en arrière, puis tombe dans un panier rempli de sable ou de sciure de bois.

Lorsqu'un homme a fini de tirer, on retire la cible et l'on fait le décompte des coups.

Dans un pareil tir, il est absolument nécessaire d'évacuer la fumée. On y est arrivé en disposant un ventilateur Wing (fig. 4) qui est actionné par un petit moteur à gaz. Ce ventilateur, à ailes en acier, fait 600 tours par minute, et il suffit à dissiper toute la fumée provenant du tir le plus rapide.

Pour atténuer le bruit et les vibrations, on a revêtu les piédroits et le plafond de la galerie avec du feutre appli-

qué sur une toile grossière, en laissant toutefois une couche d'air entre cette sorte de tenture et le parement. Cette disposition est assez efficace, paraît-il, pour que de dessus la galerie on ne puisse réussir à entendre qu'un bruit presque imperceptible pendant le tir.

L'efficacité des plaques de ricochet n'est pas moindre. Quel que soit l'angle d'arrivée de la balle, dans les li-

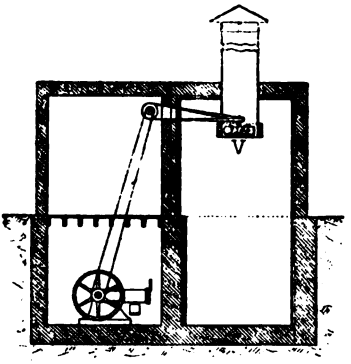


Fig. 4. — Coupe verticale 33 montrant la disposition du ventilateur.

mites correspondant aux diverses positions du tireur, il y a simple ricochet avec aplatissement de la balle, mais sans éclats.

Grâce à ce système, on aurait réussi à tirer dans une serre avec le fusil de guerre, et à des distances de 4 à 45 m, sans endommager les vitrages.

Enfin le stand est éclairé artificiellement, de sorte que l'on peut s'en servir en tout temps.

L'*Engineer*, duquel nous avons extrait les renseignements ci-dessus[1], ne renferme aucune indication sur le prix d'installation de ce stand. L. B.

1. Numéro du 18 avril 1890.

Un nouvel appareil aérophore pour les mineurs.

Les appareils aérophores proposés pour le travail dans les mines se divisent en deux catégories :

1° Ceux dans lesquels l'opérateur reste en communication avec l'atmosphère extérieure par un tuyau, au besoin par l'intermédiaire d'une pompe, qui lui fournit d'une manière continue de l'air à une pression un peu supérieure à celle du milieu ambiant ;

2° Ceux qui renferment avec eux une provision d'air limitée indépendante de l'atmosphère extérieure.

Les appareils de la première espèce permettent à l'opérateur de séjourner en quelque sorte indéfiniment dans un milieu irrespirable, mais la nécessité de l'emploi d'un tuyau limite la distance à laquelle il lui est possible de s'éloigner de la prise d'air, et le force à suivre au retour le même chemin qu'à l'aller.

Ceux de la deuxième espèce, parmi lesquels on compte les appareils Galibert et Fayol, et l'aérophore Denayrouse à haute pression n'imposent aucune condition de trajet ni de distance, mais seulement une limite à la durée du séjour dans le milieu infecté.

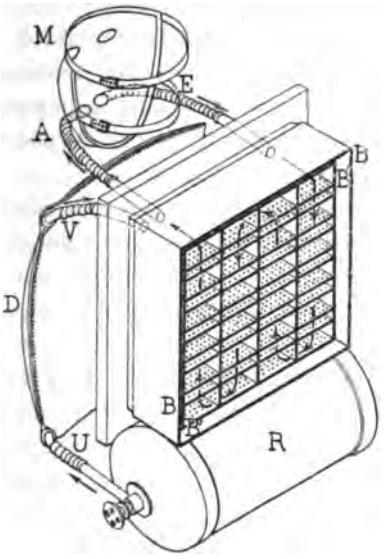
Un homme au repos consomme par heure 24 ou 38 litres d'oxygène, suivant qu'il est à jeun ou qu'il digère. Au travail, ces chiffres s'élèvent respectivement à 64 et 91 litres, soit à près du triple des précédents. La consommation d'air se traduit par un volume quintuple du précédent, si l'on élimine l'azote en même temps que l'acide carbonique et la vapeur d'eau produits par la respiration. C'est ce qui a lieu en particulier avec l'aérophore Denayrouse à haute pression, qui, sous un poids total de 15 kg environ, et avec de l'air comprimé à 30 atmosphères, peut suffire à un travailleur pendant une durée d'une demi-heure environ.

Si, au contraire, l'on conservait l'azote, il suffirait alors d'emmagasiner de l'oxygène, ce qui permettrait,

sous un poids égal, une durée de respiration cinq fois plus grande.

Cette application est devenue très pratique, aujourd'hui que l'industrie fournit, à bon compte, de l'oxygène comprimé, provenant de l'électrolyse de l'eau, et par conséquent exempt de toute impureté qui exercerait une action fâcheuse sur l'organisme.

Elle a été réalisée dans l'appareil Fleuss perfectionné, qui est employé dans les mines de houille de Sarrebrück.



Appareil Fleuss. — Vue perspective.

Il figurait à l'Exposition des procédés destinés à prévenir les accidents, qui a eu lieu à Berlin en 1889.

Cet appareil se compose des parties suivantes : un masque, un cylindre à oxygène, un coussin à air et une caisse filtrante. L'ouvrier porte sur le visage le masque M, d'où partent deux tuyaux, l'un E, d'expiration, qui passe sur l'épaule droite, l'autre A, d'aspiration passant sur l'épaule gauche; ils se rendent tous les deux au couvercle de bois de la caisse filtrante. Celle-ci est entourée d'une double

enveloppe de feuilles de fer-blanc soudées entre elles et réunies par des boulons au couvercle de bois A. L'espace compris entre les deux enveloppes B et B′ reçoit un liquide (café, vin, etc.) destiné à rafraîchir l'intérieur de la caisse et pouvant servir éventuellement à l'alimentation de l'ouvrier.

L'intérieur de la caisse est divisé en 4 compartiments B par des tôles verticales, perforées alternativement à la partie inférieure et à la partie supérieure. Ils comprennent chacun des cases alternativement remplies en *e* d'étoupes, en *s* de soude caustique. Par suite, l'air vicié qui arrivera par E, sera dépouillé de son acide carbonique par la soude caustique et de la plus grande partie de son humidité par l'étoupe, et sortira par A pour arriver à la figure du porteur de l'appareil.

L'oxygène consommé dans la respiration est restitue par le cylindre R qui est muni d'un robinet; il arrive par U dans le réservoir à air D, maintenu sur la poitrine de l'ouvrier, et en communication par V avec l'intérieur de la caisse.

Le masque M est maintenu par deux courroies sur la face de l'homme et muni sur son pourtour d'un tuyau de caoutchouc que l'on gonfle par insufflation d'air.

Des expériences ont montré que le remplissage de cet appareil, avec 2 kg de soude et de l'oxygène à 15-16 atm., demande 4 1/2 minutes; il peut être mis en service au bout d'une minute, et permet à un homme de travailler pendant 2 heures pleines. L. B.

Au sujet du sable obtenu artificiellement.

Il résulte de la note publiée dans le numéro de mars-avril 1891 de la *Revue* (p. 311), que l'État peut, dans certains cas, réaliser des économies sérieuses par l'emploi de sable artificiel dans les travaux de fortification. Les

détails suivants montrent que depuis plusieurs années déjà cet avantage a été obtenu dans les travaux de la place de Nice.

Lors de la construction du fort du Barbonnet, en 1883, le gisement de sable le plus voisin était à 11 km du chantier et à 500 m en dessous. Dans ces conditions il eût fallu compter sur un prix d'environ 14 fr le m³. L'emploi du sable broyé a permis d'inscrire au bordereau le prix de 4 fr.

L'appareil employé par l'entrepreneur était du système Vapart [1], et la pierre, de couleur bleu noirâtre et très dure, provenait des déblais du fort. Il en fallait 1,44 m³ pour fournir 1 m³ de sable, avec une consommation d'environ 50 kg de houille.

Quelques années après, on obtint le sable au même prix, lors de la construction du Mont-Chauve ; la pierre était de nature calcaire et le broyeur du système Loiseau.

Le sable ainsi produit était moins cher que la terre qu'il eût fallu aller chercher au pied de la montagne, de sorte qu'on s'en est servi avec avantage pour former les remblais des parapets. A.

Ignifuge Martin.

L'ignifuge Martin s'emploie pour rendre ininflammables les tissus organiques et les bois. C'est un produit chimique formé d'un mélange de substances dont les unes, fusibles sous l'influence de la chaleur, recouvrent la surface des corps en y adhérant et empêchent ainsi le contact de l'air, et dont les autres donnent naissance par la chaleur à des produits volatils non combustibles.

1. Dans ce système, un arbre vertical, portant des plateaux étagés, est animé d'une vitesse de rotation de 300 à 400 tours par minute. La pierre arrivant sur le plateau supérieur est violemment lancée contre la paroi, d'où elle retombe par une trémie sur le plateau suivant, et ainsi de suite.

C'est dans les théâtres que l'ignifuge Martin trouve son principal emploi pour assurer l'ininflammabilité des décors; mais il est également utilisé pour mettre les constructions en bois à l'abri des chances d'incendie.

Pour l'application sur bois, M. Haret[1], concessionnaire du produit Martin, prépare des peintures ignifuges auxquelles on peut donner toutes les teintes usuelles et qui s'emploient tout comme les peintures ordinaires.

Cette peinture résiste du reste, à l'égal de toute autre, à l'action de l'air.

A Paris, le prix de revient, par m², est de 0,25 fr pour une couche de peinture ignifuge à la colle et de 0,40 fr pour une couche de peinture ignifuge à l'huile. Le prix du kg en gare de Paris est de 0,60 fr pour la peinture à la colle et de 1,25 fr pour la peinture à l'huile; on compte 1 kg de peinture pour 5 m².

Si l'on place au-dessus d'un bec de gaz une planche recouverte de peinture ignifuge, il se produit une carbonisation toute locale, mais sans inflammation. P.

1. Rue Gide, 158, à Levallois-Perret (Seine).

Le Gérant, Ch. Norberg.

CHAUFFAGE

ET

VENTILATION DES CASERNES

PAR

L'AIR CHAUD.

Le chauffage des bâtiments par l'air chaud vient d'être appliqué aux nouvelles casernes de Briançon et a donné d'excellents résultats, tant au point de vue hygiénique qu'au point de vue économique.

Ce mode de chauffage consiste à prendre l'air extérieur dans un endroit relativement pur, à le chauffer dans des appareils appropriés que l'on nomme calorifères, et à le distribuer pour l'envoyer dans les différents locaux que l'on veut chauffer. Cet afflux d'air chaud dans les chambres entretient leur chaleur, en même temps que l'air vicié par la respiration des hommes est extrait par une série de cheminées d'appel, au fur et à mesure qu'il se refroidit. Ce système de chauffage consiste donc à mettre les hommes habitant les chambres dans des courants d'air chaud constamment renouvelé.

Nous nous proposons de décrire succinctement le mode d'installation des calorifères à air chaud employés à Briançon, de donner les considérations techniques, fort simples, qui ont permis d'établir le projet de chauffage, c'est-à-dire de déterminer la puissance des appareils à employer et la quantité de combustible à brûler, d'examiner les résultats obtenus pendant l'hiver 1890-1891 à Briançon, et enfin de comparer, au double point de vue financier et hygiénique, le chauffage par air chaud avec le

chauffage par poêles qui a été jusqu'ici employé dans les casernes.

§ 1er. — Mode d'installation du chauffage a air chaud des casernes de Briançon.

Le chauffage de l'air a été réalisé, aux nouvelles casernes de Briançon, au moyen de foyers à étages, système Michel Perret, qui permettent d'utiliser les combustibles pauvres pulvérulents, et notamment le charbon du pays qui est de l'anthracite plus ou moins pur à l'état pulvérulent et dont la tonne revient à 10 ou 11 fr.

Le foyer à étages F (fig. 1) se compose essentiellement

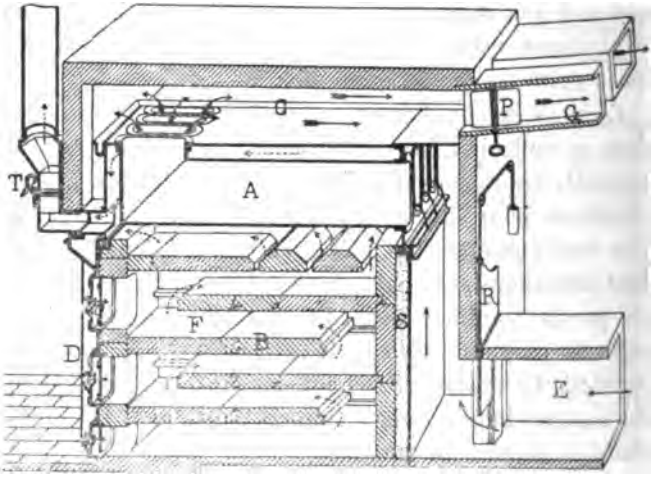


Fig. 1. — Foyer à étages. — Vue perspective.
L'air froid est figuré par les flèches simples, l'air vicié par la combustion par les flèches pointillées, l'air chaud par les flèches barbelées.

de quatre étages en dalles réfractaires B, légèrement cintrées, pour avoir plus de solidité, et d'un cendrier. La façade est percée de trois ouvertures superposées, garnies de portes. Deux de ces portes servent à la manœuvre du combustible sur les étages, et la troisième, celle du cendrier, à l'extraction des résidus.

Les dalles sont supportées par les parois latérales du foyer, aussi en matériaux réfractaires. Autour des matériaux réfractaires est disposée, pour éviter la déperdition de chaleur, une garniture de briques et de sable, le tout renfermé dans l'intérieur d'une caisse en tôle destinée à empêcher toute communication entre l'air extérieur et les produits de la combustion. Tout l'ensemble est maintenu par un système général d'armatures métalliques.

Une porte en tôle D, faisant fonction d'écran, est placée au-devant de la façade en fonte, de manière à en utiliser le rayonnement pour le chauffage de l'air d'alimentation: cet air est forcé de passer entre la façade en fonte et la porte-écran avant de s'introduire dans les étages du foyer par les orifices *o*, munis de guichettes, ménagés aux portes de l'appareil.

L'air chaud détermine la combustion, *par surface*, du charbon étalé sur chaque étage, en s'élevant successivement d'un étage vers l'autre. Les produits de la combustion s'échappent par la partie supérieure du foyer et sont dirigés dans les appareils destinés à utiliser leur chaleur. Dans le système de chauffage par l'air chaud, c'est, en effet, la surface de chauffe des calorifères qui constitue le récepteur-distributeur de l'air chaud, qui l'envoie et le répartit suivant les besoins. Cette surface de chauffe varie, par suite, selon l'importance des installations.

Mise en train et fonctionnement de l'appareil.

La mise en train se fait en brûlant du bois ou de la braisette dans le cendrier et sur les dalles, et en portant au rouge, une première fois, tout l'ensemble des étages qui reçoivent, à ce moment, une première charge de combustible.

La manœuvre régulière consiste alors à faire descendre la matière d'un étage sur l'autre, à l'aide d'un râble, à l'étaler en couche mince sur l'étage immédiatement infé-

rieur, et à charger de combustible nouveau l'étage supérieur qui se trouve vidé.

On a soin d'établir le combustible sur chaque dalle de manière à laisser bien libre la circulation de l'air entre les divers étages (3 cm de vide environ).

La combustion ainsi établie continue d'elle-même, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir autrement qu'aux heures de manœuvre. Celles-ci sont déterminées par les quantités de chaleur que l'on veut obtenir. Quant à la durée du travail, elle varie suivant la grandeur du foyer, entre 15 et 30 minutes, y compris le nettoyage du cendrier ; avec les grands foyers de Briançon, elle dure 30 minutes [1].

On augmente ou diminue l'action du foyer, en faisant varier l'intervalle de temps entre les chargements. Ceux-ci peuvent se faire toutes les 24 heures, si l'on ne veut produire qu'une faible chaleur, et toutes les 12 heures, et même plus souvent, pendant les gros froids, si l'on veut obtenir une chaleur plus forte.

La manœuvre de la clef du tirage T et des guichettes des portes règle l'activité de la combustion.

La température des étages va en décroissant de l'étage de charge au cendrier, de 4 en 1, au fur et à mesure de l'épuisement du combustible. Un fort tirage, introduisant trop d'air dans le foyer, refroidit les étages inférieurs; avec un trop faible tirage, au contraire, les étages supérieurs noircissent, la quantité d'oxygène étant consommée avant de les atteindre. Le règlement s'obtient donc facilement à l'aide de ces deux limites.

On s'explique aisément que la combustion puisse se

---

1. La maison Albert Robin construit actuellement des caloriféres dont les foyers comportent, au lieu de dalles horizontales, des plans inclinés qui ont pour but de faciliter la descente du combustible et de diminuer des deux tiers la durée de la manœuvre. Ces nouveaux appareils sont construits avec des matériaux de petites dimensions se superposant les uns sur les autres et formant des murs à joints croisés; ils offrent, par conséquent, plus de solidité que les dalles à grande portée du système à étages et leur réparation en devient aussi plus facile.

produire jusqu'à épuisement dans ces sortes de foyers. Le combustible est, en effet, étalé en couche mince entre deux dalles portées au rouge, dont l'une le soutient et l'autre rayonne à sa surface supérieure, en ne laissant qu'un espace de quelques centimètres pour la circulation de l'air; il est ainsi maintenu à une température élevée qui facilite sa combustion. Ensuite, cette combustion n'ayant lieu qu'à la surface, et cette surface restant constante malgré la diminution d'épaisseur de la couche au fur et à mesure de son épuisement, l'action est sensiblement régulière. L'air, s'élevant d'étage en étage, est dépouillé progressivement de son oxygène, à l'aide de la température croissante des étages. D'autre part, les différentes manœuvres, qui font passer le combustible successivement des dalles supérieures sur les dalles inférieures, renouvellent à chaque fois les parties de combustible à la surface de la couche, et, par suite, les amènent toutes successivement au contact de l'air qui doit produire la combustion. La manœuvre, qui fait descendre le combustible en ignition d'étage en étage, présente toujours les parties les plus épuisées au contact de l'air plus pur qui arrive en sens inverse par le bas de l'appareil. Enfin, l'air n'éprouve, en cheminant à la surface du combustible, aucune variation de résistance autre que celle du règlement par les registres. La théorie de l'appareil peut donc se résumer ainsi : *épuisement progressif et complet du combustible par l'air chaud, agissant méthodiquement dans un milieu restreint, à la surface de ce combustible étalé en couches minces, surface qui reste toujours constante et assure ainsi la régularité de la combustion.* Aussi, dans un foyer bien conduit, la combustion est si complète que les cendres ne contiennent plus trace de matière charbonneuse.

Les calorifères employés à Briançon ont été construits par la maison Albert Robin [1]. Les appareils de cette mai-

1. Rue d'Oran, 6, à Paris.

son M. Perret, en effet, réunir toutes les conditions hygiéniques de solidité et d'économie nécessaires.

Ces calorifères renferment des foyers à étages (système Michel Perret) fondés sur les principes que nous venons d'indiquer; mais ils offrent cette particularité que l'ensemble de chaque foyer est renfermé tout entier dans une enveloppe en tôle d'acier, *absolument étanche*, qui empêche toute émanation de gaz odorants ou délétères dans les locaux chauffés. La *surface de chauffe* qui surmonte chaque foyer est basée sur le même principe d'étanchéité. Elle est formée d'un caisson en tôle d'acier, coiffant chaque foyer et plongeant de 0m,06 dans un bain de sable. Cette caisse est traversée par des tubes ovales A en tôle, dont tous les joints sont rendus hermétiques au moyen d'amiante [1].

Les gaz chauds, sortant du foyer, se répandent dans la caisse, tandis que l'air froid à chauffer traverse les tubes ovales et s'y échauffe. Cette disposition, qui permet aux gaz chauds de se dilater en se répandant dans la caisse, empêche celle-ci de s'échauffer outre mesure et, la chaleur n'étant concentrée en aucun point, mais distribuée également dans toute la caisse, aucune partie de la surface de chauffe ne peut être portée à la *température rouge*, au grand bénéfice des qualités hygiéniques de l'air. Des registres, à règlement précis, permettent d'activer ou de modérer la combustion des foyers.

Tout l'ensemble d'un groupe de foyers [2] est renfermé dans une enveloppe en briques creuses C formant chambre de chaleur, qui est raccordée, à un bout, à la prise d'air extérieur K, et à l'autre, aux conduits G chargés de distribuer l'air chaud dans les différentes pièces à chauffer.

L'air froid s'échauffe en circulant d'abord autour des

---

1 On s'assure que l'étanchéité est complète en fermant le registre de la cheminée. Cette fermeture ne doit amener dans la chambre de chaleur ni odeur, ni fumée.

2 Chaque bâtiment, destiné au logement de 700 hommes, est chauffé au moyen de deux groupes de calorifères renfermant chacun trois calorifères.

foyers et ensuite en passant à travers les tubes ovales des surfaces de chauffe ; de là, il se rend dans la chambre de chaleur qui se trouve au-dessus des caisses de chauffe et où il s'échauffe encore par le rayonnement de la partie supérieure des foyers; de cette chambre, il se distribue dans les locaux à chauffer par suite du tirage des conduits de chaleur qui relient la chambre de chaleur à ces locaux.

En un mot, les appareils Robin, employés à Briançon, assurent un chauffage normal et régulier, jour et nuit, presque sans surveillance, puisque les chargements ne se font que toutes les 12 ou 24 heures. Cette émission constante de chaleur, qui évite le réallumage de tous les matins, et, par suite, le refroidissement nocturne des locaux, procure non seulement une économie sur le combustible, mais aussi une régularité de température, fort appréciée au point de vue hygiénique. D'un autre côté, l'étanchéité de toutes les parties des calorifères empêche toute infiltration de fumée, ou, ce qui serait plus grave, d'oxyde de carbone. Enfin, la disposition des surfaces de chauffe, empêchant le métal d'être porté au rouge, même dans le cas de négligence, assure en tout temps la salubrité à l'air chauffé et aussi l'absence de réparations.

Pour faciliter et régulariser la distribution de l'air chaud dans toutes les pièces d'un même étage et surtout d'étages différents, chaque gaine de chaleur est indépendante et munie, à sa sortie de la chambre de chauffe, d'un registre P désigné sous le nom de *soupape* et qui se compose d'un papillon en tôle de section rectangulaire. La manœuvre des soupapes permet de régler la distribution d'air chaud et d'enlever même l'afflux de cet air dans les pièces qu'on ne veut pas chauffer.

A leur débouché, au niveau des planchers des chambres, les gaines de chaleur sont munies de registres, nommés *bouches de chaleur,* qui se composent d'un cadre en fer à U, à l'intérieur duquel peut coulisser une porte en tôle; l'orifice de cette bouche est fermé par un grillage

en fil de fer galvanisé pour empêcher les hommes de jeter des objets pouvant obstruer les conduits. En fermant plus ou moins la porte de chaque bouche, on peut compléter le réglage de la distribution d'air chaud : une vis de pression, convenablement disposée, empêche ensuite tout mouvement de la porte dont la manœuvre est ainsi soustraite à la curiosité ou à la malveillance des hommes.

A chaque gaine de chaleur correspond une cheminée d'appel extrayant l'air vicié de la chambre et venant aussi en aide au tirage de cette gaine (fig. 2). Le tirage de la

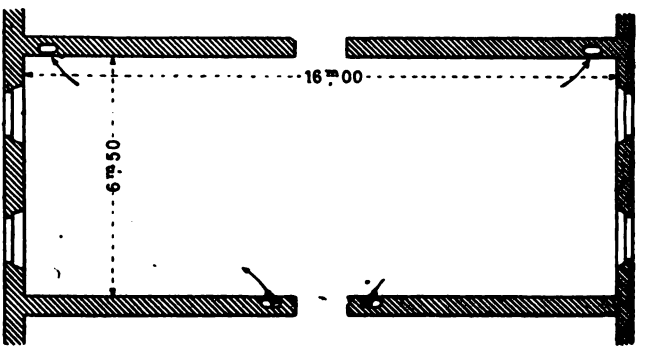


Fig. 2. — Coupe horizontale d'une chambre $\left(\frac{1}{200}\right)$ indiquant l'emplacement des bouches de chaleur et de ventilation. L'air chaud et pur est figuré par les flèches barbelées, l'air refroidi et vicié par les flèches simples.

cheminée d'appel peut, en effet, si les orifices des portes et fenêtres de la pièce sont suffisamment bien clôturés, produire appel dans le conduit de chaleur dont le tirage est insuffisant, comme cela se produit pour les pièces du rez-de-chaussée éloignées de la chambre de chaleur.

Les cheminées d'appel qui sont nécessaires, au point de vue hygiénique, pour enlever l'air vicié (lorsque les fenêtres sont fermées, la nuit par exemple), viennent encore en aide, d'une autre façon, au système de chauffage par l'air chaud. En effet, le réseau des gaines de chaleur d'un groupe de calorifères, aspirant continuellement l'air

chaud de la chambre de chaleur de ce groupe, par suite du tirage des parties verticales de ces gaines, une contre-pression pourrait s'établir dans les chambres dont tous les orifices sont bien clos, ce qui serait de nature à arrêter et même renverser le tirage des gaines ; mais le réseau des cheminées d'appel vient empêcher, par son aspiration continuelle, l'établissement de cette contre-pression. Avec les cheminées d'appel, on est donc assuré que le chauffage fonctionnera en tout temps et aussi que le tirage des gaines de chaleur se produira toujours dans le bon sens.

L'extraction de l'air vicié se fait à la partie inférieure de la chambre pendant l'hiver, et à la partie supérieure pendant l'été (fig. 3). A cet effet, chaque cheminée d'ap-

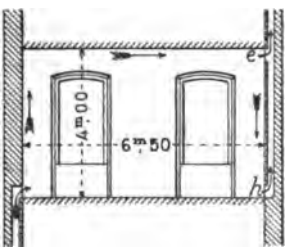


Fig. 3. — Coupe transversale d'une chambre $\left(\frac{1}{200}\right)$.
e, bouche de ventilation pour l'été, fermée l'hiver ; — *h*, bouche de ventilation pour l'hiver.

pel est prolongée jusqu'au plancher de la chambre et comporte (pour les chambres d'hommes seulement) deux orifices, munis de registres semblables aux bouches de chaleur, l'un au niveau du plancher et l'autre au niveau du plafond. Le registre de cet orifice doit être fermé pendant l'hiver, sinon la pièce ne pourrait se chauffer, puisque l'air chaud, à son arrivée au niveau du plancher, s'élevant de suite vers le plafond, serait aspiré par l'orifice du haut sans chauffer la pièce.

Pour produire, dans de bonnes conditions, le chauffage du bâtiment, les bouches et gaines de chaleur ont été disposées vers le milieu des murs de refend du bâtiment, de

façon que les conduits horizontaux, qui raccordent la chambre de chaleur avec les conduits verticaux de chaleur, soient les plus courts possibles, le mouvement de l'air chaud étant très difficile à produire dans les parties horizontales. En pratique, on donne toujours une légère pente à ces parties, pente qui ne doit pas être inférieure à 1/20. Les orifices d'évacuation de l'air vicié ont été placés sur le mur de refend opposé aux bouches de chaleur et du côté des façades, de sorte que l'air chaud, qui arrive vers le milieu d'une grande chambre d'hommes (de chaque côté de la porte centrale), *balaie en diagonale* chaque moitié de cette chambre. Cette disposition est rationnelle, car l'air chaud monte d'abord vers le plafond et se trouve naturellement attiré vers les façades, par suite du refroidissement de l'air de la pièce sur ces murs et du courant d'air descendant qui en résulte. L'air refroidi s'alourdit, descend et se trouve extrait par la bouche de ventilation qui se trouve, au niveau du plancher, du côté des façades. L'air vicié est entraîné en même temps par ce courant d'air, et il y a constamment afflux d'air chaud nouveau dans la pièce qui se trouve ainsi chauffée et ventilée. L'air de la chambre est disposé en couches qui sont d'autant plus chaudes qu'elles sont plus hautes. Ces couches descendent, au fur et à mesure de leur refroidissement, et sont toujours remplacées par des couches plus chaudes venant du haut; elles ont aussi un mouvement vers les murs de façade. Les hommes se trouvent donc placés dans un air tiède constamment en mouvement et continuellement renouvelé.

Les conduits verticaux de chaleur et d'aération ont été ménagés à l'intérieur des murs de refend, à fleur du parement de ces murs et du côté où devait s'ouvrir la bouche du conduit : cette disposition a été adoptée pour mieux utiliser le rayonnement du conduit et ne pas trop nuire à la solidité des murs. On comprend aisément qu'avec le grand nombre de conduits nécessaires au système de chauffage

et de ventilation, chaque mur de refend aurait été, pour ainsi dire, divisé en deux, si tous ces conduits avaient été placés au milieu. Les conduits des casernes de Briançon ont été faits avec des boisseaux en poterie qui ont été montés en même temps que les maçonneries de moellons des murs. Les boisseaux ont 25 cm sur 18 cm à l'intérieur et 30 cm sur 22 cm à l'extérieur ; par suite de leur disposition en parement et en quincouce, il reste derrière eux un mur sinueux ayant encore 28 cm d'épaisseur et offrant une solidité suffisante. En plaçant les boisseaux au milieu des murs, il ne serait resté que 14 cm de chaque côté et l'on n'aurait eu aucune solidité.

Les conduits horizontaux ont été construits de la manière suivante :

Pour le bâtiment construit sur caves, ces conduits ont été constitués avec des planches en roseaux et plâtre que l'on débitait comme des planches de bois et que l'on assemblait avec du plâtre. Les conduits ont été suspendus par des fers fixés aux voûtes des caves; un enduit en plâtre, mis à l'extérieur, a bouché tous les joints et fissures et a consolidé le tout. Les gaines de chaleur sont de cette manière bien *isolées* et la déperdition est très faible.

Ce procédé de construction de gaines est très économique; les planches en roseaux et plâtre peuvent se faire sur le chantier quelque temps avant leur mise en œuvre, afin de leur laisser acquérir la solidité nécessaire.

Dans le bâtiment sans caves, les parties horizontales des gaines de chaleur ont été exécutées en briques creuses, pour les côtés extérieurs et le fond, et en planelles, pour les séparations; des planches en roseaux et plâtre ont été placées sur les séparations afin de former le plafond de ces gaines; par-dessus ce plafond, et pour le protéger, des planches en bois goudronnées ont été disposées; puis, au-dessus, a été mis le remplissage en gravier sur lequel on a construit le dallage en ciment du rez-de-chaussée.

Dans ce même bâtiment, on a placé, au rez-de-chaussée et au pied de chaque conduit vertical de chaleur, un tampon en fonte afin de retirer les objets qui pourraient être introduits par malveillance dans les gaines de chaleur. Dans le bâtiment sur caves, des tampons en tôle ont été placés, au même endroit, sur les gaines horizontales; ces tampons sont manœuvrés des caves mêmes.

Dans l'été, les orifices supérieurs des gaines de ventilation doivent être ouverts afin que, pendant la nuit, lorsque les fenêtres sont fermées, l'air vicié soit extrait vers le haut de la chambre. Cette disposition empêche que la chaleur dégagée par les hommes ne se confine dans le haut et n'élève peu à peu la température de la pièce. L'air frais de la nuit, qui arrive par la prise d'air des calorifères, se réchauffe par son trajet à travers les surfaces de chauffe et les gaines de chaleur de ces calorifères (gaines et surfaces qui sont constamment à la température intérieure du bâtiment), et vient remplacer l'air vicié extrait par les cheminées d'appel, sans gêner les hommes par sa fraîcheur. De sorte que les conduits du système de chauffage établi pour l'hiver peuvent encore être utilisés, pendant la nuit, pour le bien de la ventilation d'été.

Enfin, le climat de Briançon étant tout particulièrement sec et l'air perdant encore une partie de sa vapeur d'eau en passant à travers les tubes ovales des surfaces de chauffe, on a mis dans les chambres de chaleur, et au-dessus des caisses de chauffe, des *saturateurs*, en tôle galvanisée, qui sont des récipients plats, remplis d'eau dont l'évaporation est destinée à rendre à l'air les qualités hygrométriques nécessaires à la respiration. Dans les climats humides, l'emploi des saturateurs n'est pas souvent indispensable.

§ 2. — Établissement d'un projet de chauffage par l'air chaud.

Nombre de calories à fournir.

Nous allons indiquer la marche à suivre pour déterminer le nombre de calories nécessaires au chauffage journalier d'un des grands bâtiments de la caserne de Briançon.

Chaque grand bâtiment, destiné au casernement d'un bataillon de 700 hommes, comporte trois escaliers divisant ce bâtiment en quatre parties égales ayant chacune, en plan, deux grandes pièces de 6,50 m sur 16 m (fig. 2 et 3). La hauteur de toutes les pièces est de 4 m.

Ce bâtiment présente, en gros, comme surfaces de refroidissement : 1° pour les murs, 1 750 m²; 2° pour les fenêtres, 600 m², dont 250 m² pour les parties vitrées; 3° pour le plafond du 3e étage et le sol du rez-de-chaussée, 2000 m².

La capacité des locaux à chauffer, défalcation faite de la place occupée par l'ameublement, la literie et les effets des hommes, peut être estimée à 15 000 m³.

La perte par rayonnement et conductibilité des murs de façades, qui ont 0,60 m d'épaisseur, est, d'après la formule de Péclet [1], de 1,48 calorie par m², par heure et pour

1. $M = \frac{CQT}{2C + Qe}$; M, nombre de calories perdues par m² de muraille et par heure; C, quantité de chaleur qui, pendant l'unité de temps, passe par m² à travers une paroi de maçonnerie d'épaisseur égale à l'unité, pour une différence de température, entre les deux milieux qu'elle sépare, égale à 1 degré; $Q = K + K'$; K étant la quantité de chaleur perdue par rayonnement pendant l'unité de temps par m² et pour une différence de température égale à 1 degré; et K' étant la quantité de chaleur enlevée par le contact de l'air dans les mêmes circonstances; T, excès de température du local sur la température extérieure; *e*, épaisseur du mur en mètres.

Pour les maçonneries, on prend $C = 1,90$, $K = 3,60$, $K' = 1,96$ (voir le *Cours de l'École d'application*, 4e partie, 1re section, p. 57, 1885).

chaque degré de l'excès de température du local chauffé sur la température extérieure. Cette même perte est, pour les fenêtres, de 2,56 calories, et, pour les plafonds et planchers, de 0,7 calorie au plus.

La déperdition par rayonnement ou conductibilité, pour un grand bâtiment, sera donc, par chaque degré d'excédent de température de l'intérieur sur l'extérieur :

1° Pour les murs	$1\,750 \times 1{,}48 =$	2 590 calories.
2° Pour les fenêtres	$600 \times 2{,}56 =$	1 536 —
3° Pour le sol et le plafond .	$2\,000 \times 0{,}7 =$	1 400 —
Soit, en tout		5 526 calories.

Il y a lieu, maintenant, de déterminer la moyenne θ de la température de l'air à Briançon, pendant les 180 jours que durent les allocations de chauffage (du 16 octobre au 15 avril), afin d'obtenir l'excès T de température des chambres chauffées sur la température moyenne extérieure pendant cette même période.

Cette température moyenne a été déterminée au moyen des températures maxima et minima relevées chaque jour à la chefferie de Briançon. On a pris la moyenne θ chaque jour, en donnant à la température minima deux fois plus d'importance qu'à la température maxima[1], ce qui correspond sensiblement à la réalité, les températures voisines du minimum ayant, pendant l'hiver, une durée plus grande que les températures voisines du maximum. Puis

---

Avec T = 1 on a : $M = \frac{1{,}90 \times 5{,}56}{3{,}80 + 5{,}56 \times 0{,}60} = 1{,}48$ calorie.

Pour les fenêtres, on a la formule : $\frac{K+K'}{2}T$, dans laquelle $K = 2{,}90$ et $K' = 2{,}21$.

Pour les plafonds et planchers, on admet environ la moitié de la maçonnerie. — Le plafond du 3e étage et le sol du rez-de-chaussée des bâtiments de Briançon perdent peu, par suite des caves et des combles qui forment matelas d'air.

1. $\theta = \frac{2a+b}{3}$, a étant la température minima de la journée et b la température maxima.

on a pris la moyenne de toutes les moyennes ainsi établies chaque jour. Pour l'hiver très rigoureux de 1887-1888, on a trouvé $\theta = -2^\circ,38$; mais les casernes étant situées dans un endroit plus exposé que l'observatoire météorologique, on a admis $\theta = -3^\circ$.

Si l'on admet, pour les chambres, une température moyenne journalière t, de $+15$ (ce qui revient à supposer $+16^\circ 5$ pendant 16 heures de veille et $+12^\circ$ pendant 8 heures de sommeil), on aura $T = t - \theta = 18^\circ$.

La perte moyenne, par rayonnement ou conductibilité, d'un grand bâtiment est donc de $5526 \times 18 = 99\,468$ calories par heure.

Ceci posé, déterminons le cube d'air vicié à renouveler par heure et la chaleur nécessaire au chauffage de l'air neuf qui prend sa place.

Le général Morin recommande, pour une bonne ventilation, d'enlever 30 m³ d'air vicié par heure et par homme pendant le jour et 40 m³ pendant la nuit, ce qui donne une moyenne de 33 m³. Seulement, l'échauffement de cette masse d'air, demandant une grande quantité de chaleur, nous admettrons une ventilation moins dispendieuse de 25 m³ par heure et par homme, en remarquant que, pendant le jour les hommes ne sont pas constamment dans les chambres et que les allées et venues introduisent aussi de l'air pur extérieur qui augmente la ventilation. Dans les casernes de Dresde, chauffées au moyen de calorifères, on s'est borné à une ventilation de 18,4 m³ par heure et par homme. (*Revue du génie*, t. I, 1887, p. 205.)

On aura donc $700 \times 25 = 17\,500$ m³ d'air à chauffer à l'heure; cet air viendra se mélanger à l'air des chambres et entretiendra sa chaleur. Pour chauffer cet air, il faudra pour chaque degré d'élévation de température

$$17\,500 \text{ m}^3 \times 1,3 \times 0,24 = 5\,460 \text{ calories}^1,$$

1. 1 kg d'air demande 0,24 calorie pour s'échauffer de un degré; le mètre cube d'air pèse 1,3 kg environ.

et pour T = 18,

$$5\,460 \times 18 = 98\,280 \text{ calories}^{1}.$$

Le nombre de calories nécessaires pour compenser la perte par rayonnement et pour le chauffage de l'air de ventilation est donc, par 24 heures, de

$$(5\,526 + 5\,460) \times 18 \times 24 = 4\,745\,952 \text{ calories},$$

ce qui est considérable, mais il y a lieu de défalquer la chaleur dégagée par les hommes. Cette chaleur est, ici, très importante et doit être prise en considération dans le chauffage des casernes qui renferment des agglomérations d'hommes vivant pendant de longues heures dans des locaux fermés. La chaleur dégagée par un homme peut être estimée à 140 calories par heure[2], de sorte que 650 hommes dégagent, en admettant un séjour de 16 heures en moyenne dans les chambres

$$650 \times 16 \times 140 = 1\,456\,000 \text{ calories par jour.}$$

Nous admettons que l'effectif réel des hommes habitant constamment dans le bâtiment est de 650, 50 hommes pouvant être absents du bâtiment pour des causes diverses.

---

1. Il y a lieu de remarquer que la ventilation demande autant de calories que le chauffage de l'air des chambres et même plus, quand ces chambres sont habitées, puisque les hommes dégagent de la chaleur.

2. M. G. A. Hirn a fait, au sujet de la chaleur dégagée par les hommes, des expériences directes au moyen d'une guérite-calorimètre assez grande pour contenir un homme assis ou travaillant sur une roue verticale. Il a obtenu pour la moyenne de production de chaleur par l'homme assis, 170 calories à l'heure (nombre identique à celui qui a été trouvé antérieurement par Gavarret), et 255 calories quand il travaille. Admettons 170 calories et remarquons que, dans le cas d'une ventilation efficace, la vapeur d'eau produite par l'homme ne se condensant pas, il y a lieu de tenir compte de la portion de chaleur humaine employée à la vaporiser et de déduire cette portion des 170 calories. Or, l'homme en repos produit 60 gr de vapeur à l'heure, qui nécessitent 618 × 0,06 = 37 calories (618 calories est la quantité de chaleur nécessaire pour tranformer 1 kg d'eau à 0° en vapeur à la température de 37°). Des 37 calories ci-dessus, il faut retrancher la quantité de chaleur émise par le refroidissement de la vapeur de 37 à 15°, soit 22 × 0,3 = 6,6 calories (0,3 calorie étant la quantité de chaleur émise par cette vapeur se refroidissant de 1°).

D'où 37 — 6,6 = 30.4. En retranchant ces 30,4 calories des calories trouvées par Hirn, il reste, en chiffres ronds, 140 calories.

Il est encore un gain de chaleur qui peut avoir une importance assez grande à Briançon, par suite de l'état de pureté presque continuel du ciel : c'est la chaleur gagnée par le bâtiment pendant son exposition aux rayons solaires. L'importance de ce gain est mise en évidence par la différence de température qui existe entre deux locaux, l'un exposé au Nord et l'autre au Midi ; cette différence peut atteindre, à Briançon, 3 degrés, 4 degrés et même davantage. L'orientation et la disposition intérieure des bâtiments principaux de la nouvelle caserne sont favorables pour les faire bénéficier de ce gain de chaleur. Il n'y a, sauf aux rez-de-chaussée, aucun corridor central formant écran, et chacune des chambres d'hommes a une face au Nord et une face au Midi. Toutefois, comme ce gain est difficile à estimer, nous n'en tiendrons pas compte, ou plutôt nous supposerons qu'il compensera, en partie, la perte de chaleur résultant de l'ouverture fréquente des portes extérieures des rez-de-chaussée. Pour empêcher cette perte de prendre trop d'importance et faciliter le chauffage des cages d'escalier, où se rend la chaleur rayonnée par les calorifères dans les locaux où ils sont installés [1], des tambours, dont les portes se ferment automatiquement, ont été placés à l'intérieur aux portes d'entrée des rez-de-chaussée.

Afin d'évaluer la chaleur nécessaire au chauffage de l'air froid introduit par les portes et les fentes des fenêtres, on peut admettre que cet air ne dépasse pas 1/10 de l'air de ventilation, comme cela se produit avec les cheminées Douglas-Galton bien installées, et la chaleur correspondante sera

$$\frac{1}{10} \times 5\,460 \times 18 \times 24 = 225\,872 \text{ calories.}$$

Donc, le nombre moyen de calories à fournir, chaque

1. Par des grilles placées dans le corridor du rez-de-chaussée, au-dessus de ces locaux.

jour, pendant la durée de l'hiver, pour le chauffage d'un bâtiment destiné au casernement de 700 hommes, sera

$$\underbrace{(5526}_{\text{Rayonnement.}} + \underbrace{6006)}_{\text{Ventilation.}} \times 18 \times 24 - \underbrace{1456000}_{\text{Chaleur des hommes.}} = 3525824 \text{ (A)}$$

L'accolement de trois foyers, pour une même chambre de chaleur permet de n'allumer que deux foyers quand il ne fait pas très froid, au commencement de l'hiver, ou d'en laisser éteindre un vers la fin de l'hiver. On obtient bien, de la sorte, une certaine élasticité dans la dépense journalière en combustible; mais cette élasticité ne serait pas suffisante pour assurer la moyenne de chaleur de la formule (A). Aussi, pour n'avoir aucun mécompte, nous pensons qu'il y a lieu de majorer un peu ce nombre, de 2 p. 100 environ. Le nombre de calories qui déterminera la dépense journalière en combustible sera donc, en chiffres ronds *3600 000*.

Combustible dépensé.

L'anthracite pulvérulent de Briançon peut être assimilé aux houilles de 3e qualité contenant 0,20 de cendres et dont la combustion développe, par kilogramme, 5 932 calories (*Aide-mémoire de Laisné*). D'autre part, le système de chauffage par air chaud utilise seulement les 0,70 de la chaleur développée par le combustible, le reste étant en grande partie entraîné avec la fumée et étant d'ailleurs nécessaire au tirage des foyers des calorifères. La combustion d'un kilogramme de charbon du pays, dans les calorifères, développe donc un nombre de $5\,932 \times 0{,}7 = 4\,152$ calories réellement utilisées pour le chauffage du bâtiment : soit, en chiffres ronds, *4 000 calories*.

La consommation journalière sera donc en moyenne, pendant l'hiver, de $\frac{3\,600\,000}{4\,000} = 900$ kg de charbon de pays par bâtiment.

Puissance des calorifères.

Les calorifères doivent être établis de façon à fournir le nombre de calories nécessaire au chauffage du bâtiment pendant les gros froids, durant lesquels la température minima de la journée peut descendre, à Briançon, à — 15°. L'excès de température entre l'intérieur et l'extérieur peut donc atteindre 30 degrés. Mais il y a lieu de remarquer que la température de — 15° ne dure que quelques jours, et *surtout* qu'elle ne dure pas *toute* la journée. Or, le bâtiment et ce qu'il contient, étant continuellement à une température constante de + 15°, forment une véritable source de chaleur qui vient rayonner pendant que la température extérieure descend; de sorte que la température intérieure ne descend que de quelques degrés lorsque la température, à l'extérieur, s'abaisse brusquement d'une dizaine de degrés. De ce fait il résulte que, pour maintenir constante la température intérieure, on n'a pas autant de calories à fournir que si la température extérieure restait constamment à —15°. Nous admettrons, dans le cas particulier de Briançon, qu'en calculant les appareils pour une température extérieure constante de — 10°, on aura des appareils assez puissants capables de maintenir la température des chambres à + 15° pendant les quelques heures où la température extérieure descendra à — 15°.

En opérant comme nous venons de le faire, on trouve, pour un excédent de 25° de l'intérieur sur l'extérieur :

$$(5526 + 6006)\ 25^\circ \times 24 - 1\,456\,000 = 5\,463\,200 \text{ calor.}$$

ce qui exige une dépense de 1 365 kg de charbon du pays par 24 heures.

Si l'on admet, pour ne pas compliquer le service des foyers, que l'on fera seulement deux charges par 24 heures, on voit que les calorifères d'un grand bâtiment doivent

pouvoir brûler *utilement,* pendant 10 à 12 heures, 682 kg de charbon du pays.

D'un autre côté, on admet généralement que les gaz chauds, provenant de la combustion du combustible des foyers, peuvent céder, à l'air qui balaie des surfaces de chauffe métalliques, environ 3 000 calories par heure et par mètre carré de surface de chauffe. Les calorifères doivent donc présenter, pour l'ensemble de leurs surfaces de chauffe, une superficie de $\frac{5\,463\,200}{3\,000} = 182$ m².

Les grandes lignes du projet une fois déterminées, comme nous venons de l'indiquer, et communiquées à la maison A. Robin, il a été constaté qu'il fallait, pour assurer le chauffage d'un bâtiment de 700 hommes, six des grands appareils construits par cette maison, puis il a été décidé que l'on réunirait ces appareils en deux groupes, chauffant chacun une moitié du bâtiment ; chaque groupe devant naturellement être placé vers le milieu de chaque moitié du bâtiment et de façon que le développement des conduits les plus longs ne dépasse pas 25 m, limite pratique admise pour une bonne distribution d'air chaud. A chaque groupe de calorifères correspond naturellement : une prise d'air extérieur, une chambre de chaleur unique et un réseau de gaines de chaleur distribuant l'air chaud aux pièces de la moitié du bâtiment.

Section des gaines.

Les résultats obtenus à Briançon ont permis de constater que les boisseaux de 25/18 cm étaient suffisants pour les gaines de chaleur, mais un peu petits pour les gaines d'aération. La vitesse de l'air dans ces dernières a été en moyenne de 1,50 m ; les gaines auraient dû avoir 30/20 cm pour assurer une extraction de 25 m³ par heure et par homme ; mais il y a une assez notable quantité d'air qui s'échappe par les fentes des fenêtres et la ventilation obtenue à Briançon a été, en réalité, de 27 m³ en moyenne.

§ 3. — Résultats obtenus, pendant l'hiver 1890-1891, par le chauffage a air chaud des casernes de Briançon.

Il a été brûlé par jour, pendant l'hiver 1890-1891, pour le chauffage de chacun des grands bâtiments des nouvelles casernes de Briançon, une moyenne de 950 kg de charbon et l'on a obtenu dans les chambres, du 1er au 11 décembre, une température de + 16°6, et de + 15° pendant les grands froids (mois de janvier).

Pendant ces grands froids, la dépense en combustible n'a été que de 1 200 kg par jour, au lieu des 1 365 kg que nous avions calculés plus haut, en supposant une température extérieure constante de — 10°. Or, la moyenne de la température n'est pas descendue aussi bas pendant les gros froids, et l'emmagasinage de la chaleur dans les murs intérieurs, le mobilier et les effets des hommes, aux heures où la température extérieure était supérieure à — 10°, a été tel que, malgré l'abaissement de cette température (qui a atteint — 16°,3 le 19 janvier 1891), la température des chambres s'est maintenue à + 15° sans dépense supplémentaire de charbon.

La dépense journalière moyenne de combustible a été plus forte que celle que nous avons calculée plus haut, mais il y a lieu de remarquer que la moyenne des températures obtenues dans les chambres est un peu plus élevée que la moyenne admise par nous (+ 15°), que la ventilation obtenue a été de 27 m³ au lieu de 25 m³ par heure et par homme et qu'enfin *tous* les calorifères ont été *tout le temps* allumés, depuis le commencement jusqu'à la fin de l'hiver. Or, chaque foyer comportant un minimum de combustible pour bien fonctionner, on obtient forcément une économie importante en n'allumant que deux foyers par groupe de calorifères, au commencement, et en ne laissant que deux foyers allumés vers la fin de l'hiver. Mais on a allumé tous les calorifères à la fois pour faire des expé-

riences et on les a maintenus tout l'hiver en action, parce qu'il y avait intérêt à chauffer constamment pour bien sécher les bâtiments qui étaient de construction récente.

On s'est servi, pour les expériences de ventilation, d'un anémomètre dont les constantes étaient 0,25 et 0,109 : la vitesse de l'air était donnée par la formule

$$U = 0,25 + 0,109\ N,$$

N étant le nombre de tours à la seconde relevé au compteur de l'appareil. Pour évaluer la ventilation, on a placé l'anémomètre sur les bouches de chaleur et non sur les bouches de ventilation, afin d'avoir exactement le volume de *tout l'air chaud introduit,* ce que l'on ne pouvait obtenir en opérant sur les bouches de ventilation, car une assez grande quantité d'air chaud s'échappe par les fissures des portes et fenêtres, et cela suivant l'exposition de la chambre où se fait l'expérience ; or, cette quantité d'air ne peut se mesurer directement. Il peut encore s'échapper par les cheminées d'appel de l'air venant de l'extérieur par les fentes des fenêtres. En général, il entre de l'air froid par ces fentes, d'un côté du bâtiment, et il s'en échappe du chaud de l'autre côté. Enfin, de l'air s'en va par les portes, attiré par le tirage des cages d'escalier qui constituent des cheminées d'appel puissantes.

Les vitesses, obtenues pour l'air aux orifices des bouches de ventilation, ont varié entre 1 m et 1,70 m ; celles obtenues aux bouches de chaleur ont varié entre 0,80 m et 2,50 m. Ces vitesses assurent le tirage des gaines, en tout temps et malgré les vents. Les hommes n'ont été incommodés en aucune façon par les courants d'air chaud, même ceux dont la tête des lits se trouvait placée près d'une bouche de chaleur.

Dans le cas où les vitesses de l'air chaud (aux 3es étages) étaient grandes aux bouches de chaleur, la température de cet air était d'environ 30° à 35° ; lorsque ces vitesses étaient faibles (aux rez-de-chaussée), la température attei-

gnait 50°. Ce résultat s'explique par ce fait que les orifices des conduits de chaleur, dans les chambres de chaleur, n'ont pas été placés à la même hauteur : pour les chambres du rez-de-chaussée, les prises des conduits de chaleur se font à la partie supérieure de la chambre de chaleur où l'air est très chaud, et, pour les chambres des étages, ces prises se font vers le bas où l'air est aspiré quand il vient de passer sur les surfaces de chauffe et au moment où il n'a pas encore une température élevée. Cette disposition a été prise pour faciliter la distribution de la chaleur ; le tirage des gaines de chaleur du rez-de-chaussée étant faible, il faut y envoyer de l'air plus chaud pour obtenir la température voulue.

Une expérience faite le 15 avril 1890, dans le bâtiment a, lorsque les hommes n'habitaient pas encore ce bâtiment, a donné, pendant 24 heures, une différence de température moyenne de 24 degrés entre l'extérieur et l'intérieur avec une dépense correspondante en combustible de 1800 kg. En raisonnant comme ci-dessus, on trouve

$$(5526 + 6006) \times 24 \times 24 = 6\,642\,432 \text{ calories}$$

pour obtenir la différence de 24 degrés, ce qui demande 1660 kg de charbon de pays. L'écart entre la théorie et la pratique est notable, mais s'explique par ce fait qu'il n'existait alors ni tambours, ni portes aux entrées du rez-de-chaussée, que le bâtiment n'était pas encore bien sec, et qu'enfin les appareils n'étaient pas encore dans leur plein fonctionnement.

Une autre expérience faite, le 9 décembre 1890, dans le même bâtiment, lorsqu'il était habité, a donné une différence de température moyenne, *pendant les 24 heures*, de 19 degrés entre l'intérieur et l'extérieur avec une dépense correspondante de 900 kg de charbon de pays. En calculant, comme ci-dessus, on trouve

$$(5\,526 + 6\,006) \times 19 \times 24 - 1\,456 = 3\,756\,464 \text{ calories}$$

qui demandent 939 kg de charbon. Ici, l'écart est peu im-

portant et la quantité d'air extérieur à chauffer, pas par les calorifères, était probablement mo 1/10, proportion admise par nous pour le calcu

En résumé, les formules établies plus haut pe considérées comme donnant une approximation pour l'établissement d'un projet de chauffage.

§ 4. — Comparaison du chauffage a air c et du chauffage avec poêles.

Comparons maintenant les deux modes de avec air chaud et avec poêles, au point de vu pense.

Nous admettons en principe que, dans les de gaines verticales dans les murs ont la même in il y a lieu, avec les poêles comme avec les calo ventiler les chambres.

L'installation des calorifères de Briançon, po grand bâtiment, gaines horizontales comprise 18 100 fr, dont 10 000 fr pour les appareils s chauffage. Cherchons à déterminer ce que l'i des poêles aurait coûté.

La Note ministérielle du 21 août 1889 dit q partition des poêles est faite, jusqu'à concurren bre total existant dans les magasins de la plac semble indiquer qu'il y a tendance à donner un chambre d'hommes ou de sous-officier. C'est ce qui se fait en pratique dans les régions fro procès-verbaux dressés par les sous-intendants et les chefs du génie, pour constater les droits sont très larges à ce sujet. D'un autre côté, pou comparaison rationnelle, il y a lieu de suppose dans toutes les pièces où se trouvent une ou de de chaleur. Cela revient à admettre qu'un grand contenant environ 60 pièces chauffées, doit avo les. En admettant ces bases et en remarquant q

STANFORD LIBRARIES

avec ses accessoires coûte 64 fr, on aura 64 × 60 = 3840 fr pour l'achat et l'installation des poêles.

La dépense paraît beaucoup moins forte dans ce dernier cas, mais il faut observer qu'un poêle avec ses accessoires ne dure généralement que 10 ans et demande des réparations nombreuses, tandis que les calorifères ont des durées pour ainsi dire indéfinies et n'exigent que des réparations peu importantes. On connaît des calorifères qui fonctionnent jour et nuit depuis plus de 13 ans et qui n'ont demandé aucune réparation. Néanmoins, il n'existe aucune donnée positive au sujet de la durée effective de ces appareils, car leur invention est récente et l'expérience n'est pas encore faite; mais il y a de fortes présomptions pour que cette durée soit très grande.

L'examen, pendant une période de 15 ans, des achats de poêles avec leurs accessoires, des remises au Domaine correspondantes, comparés au nombre de poêles mis en service chaque année, a permis de constater que le remplacement d'un poêle (accessoires compris) revenait à 6 fr par an. D'après le relevé des dégradations imputées aux corps et des inscriptions aux dépenses annuelles et entretiens courants, l'entretien d'un poêle (accessoires et ramonage de sa cheminée compris) revient à 4 fr par an. De sorte que la dépense annuelle s'élève à 10 fr par poêle; au taux de 3,50 p. 100, cette somme représente un capital de 286 fr; l'installation d'un poêle coûtant 64 fr, chaque poêle représente un capital de 350 fr.

La dépense avec les poêles coûterait donc 60 × 350 = 21000 fr par bataillon.

En estimant à 80 fr la dépense annuelle (ramonage de 4 cheminées, des appareils et menues réparations) pour l'entretien des calorifères d'un bâtiment, on obtient, pour le capital correspondant, 2 800 fr qui, ajoutés aux 18100 fr d'installation, portent la dépense totale avec les calorifères à 20900 fr.

De sorte qu'en fait la dépense est la même dans les deux

cas [1]. Mais la dépense en combustible est moind
calorifères qu'avec les poêles, comme nous allo
ressortir.

La ration collective de chauffage est, dans l
très froides, de 6 kg de charbon par poêle e
Avec les 60 poêles, on a donc une dépense de
l'indemnité représentative de charbon étant en
de 3,75 fr, la dépense en deniers est de 13,50 fr

Avec les calorifères cette dépense a été, à Br
$950 \times 0{,}011 = 10{,}45$ fr, la tonne de charbon d
venant au plus à 11 fr : soit une économie de 3
et de 540 fr pour les 6 mois de chauffage.

Si l'on se conformait strictement à la lettre
ministérielle précitée, chaque bâtiment de Bria
porterait encore un nombre de 41 poêles (3
compagnie pour le chauffage des chambres d'
des poêles dans les autres chambres), ce qui o
rait encore une dépense de 9,20 fr. Or, on
contenter, dans les chambres, d'une température
et d'une ventilation (moins dispendieuse) de
heure et par homme. Dans ces conditions, la dé
les calorifères serait réduite ; il faudrait par jou

$$\frac{102}{100}\left[(5526+6006)17 \times 24 - 1456000\right] = 33$$

soit 828 kg de charbon du pays, ou une d
9,10 fr par jour. La dépense est à peu près la m
on a, avec les calorifères, l'avantage d'obtenir le

1. Avec les poêles, il y a lieu de mettre des appareils Re
ches d'aération pour éviter les rentrées d'air froid, dans le
lement ; avec les calorifères, ces rentrées ne peuvent existe
produisant toujours dans le bon sens et malgré les vents,
de l'air dans les cheminées d'appel a une valeur importante
taillon, la dépense d'appareils Renard peut s'élever à 1 000
n'en tiendrons pas compte, admettant que cette dépense
balancer la dépense supplémentaire des caves occasionnée
fères, les bâtiments nouveaux de casernement étant généra
truits sur caves.

STANFORD LIBRARIES

de *toutes les chambres* et une ventilation *efficace,* mettant les hommes dans des conditions hygiéniques excellentes.

Si, enfin, l'on compare les conditions hygiéniques avec les deux modes de chauffage, on est frappé des nombreux inconvénients inhérents aux poêles.

1° *Manque de salubrité et malpropreté des chambres.*— Les poêles, étant placés dans la pièce à chauffer, dégagent de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone, qui se mélangent avec l'air ambiant et donnent, après quelque temps, de l'air dangereux à respirer. Cet inconvénient est d'autant plus grand qu'il y a moins de poêles par compagnie, puisque tous les hommes se portent dans les chambres chauffées et rendent bientôt l'air irrespirable. De plus, le foyer des poêles est le plus souvent porté à la température rouge ; l'air se décompose au contact des parois et devient, par là même, impropre à la respiration. Enfin, il n'est pas besoin d'insister sur la malpropreté résultant, dans les chambres, de la présence des poêles.

2° *Mauvaise répartition du chauffage.* — La plus grande quantité de chaleur fournie par les poêles (placés forcément vers le milieu des pièces) est obtenue par rayonnement; les parties les plus éloignées du foyer sont forcément moins chaudes que celles qui sont auprès : quelques hommes peuvent seuls se chauffer.

3° *Absence de chauffage et manque de ventilation.* — La ration étant de 6 kg par poêle et par jour, il n'y a pas à insister sur l'insuffisance évidente de cette ration, surtout les jours où il fait — 15° de froid (comme cela arrive dans les régions froides); aussi les hommes sont-ils obligés, pour ne pas trop souffrir du froid, d'acheter du charbon de leurs propres deniers. D'un autre côté, est-il besoin de faire remarquer que, dans ces conditions, les hommes s'ingénient à boucher tous les orifices et toutes les fissures pour empêcher la déperdition de la chaleur qu'ils ont tant de peine à obtenir? Que devient alors la ventilation? Toute cheminée d'évacuation pour l'air vicié, qui ne peut

fonctionner qu'avec appel *d'air froid* extérieur, sera malgré toutes les consignes inévitablement bouchée, la nuit, par les hommes, c'est-à-dire au moment où la ventilation est surtout nécessaire, puisque les rentrées d'air par les ouvertures fréquentes des portes n'existent plus. Avec les poêles et les allocations actuelles de chauffage, il est impossible d'assurer la ventilation des chambres de troupe dans les régions froides.

Les calorifères à air chaud, au contraire, rendent *efficace* et *régularisent* la ventilation naturelle produite par le tirage des cheminées d'appel. Ce système très simple de ventilation, fonctionnant spontanément, grâce à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, est toujours dans les mêmes conditions, la température des chambres restant constante. Cette efficacité de la *ventilation naturelle,* avec l'emploi des calorifères à air chaud, a toujours été remarquée : outre les résultats obtenus à Briançon, nous citerons les expériences faites à l'hôpital de Vincennes (*Mémorial de l'officier du génie,* n° 17, p. 234 et 235) et celles faites à l'hôpital de la Maternité à Saint-Pétersbourg, dont la description a été donnée par le général Morin (*Annales du Conservatoire des arts et métiers,* t. V, p. 502). Il est, du reste, facile de voir que le tirage des gaines verticales de chaleur produit un certain afflux d'air chaud qui amène forcément l'évacuation d'un volume d'air correspondant par les gaines d'aérage ; or, cet effet vient en aide au tirage de ces gaines, résultant de la différence des températures, tirage qui est très fort dans les pays froids, puisque l'air y atteint la vitesse de 1,60 m (vitesses qui sont plus que suffisantes pour résister aux refoulements), et qui est d'ailleurs régularisé, comme nous l'avons déjà dit, par la température uniforme et constante des chambres. Enfin, l'air vicié évacué étant remplacé par de *l'air chaud,* les hommes ne cherchent pas à boucher les orifices d'évacuation.

En résumé, il est à désirer qu'étant donnés les avan-

tages hygiéniques et économiques nombreux des calorifères à air chaud, ce mode de chauffage soit de plus en plus employé pour le casernement des hommes dans les régions froides et très froides.

Pour conclure, nous ferons observer que, d'une part, l'air confiné, malsain et nauséabond des chambres, dans le cas des poêles, ne peut qu'être nuisible à la santé des hommes; que, d'autre part, avec les calorifères, la ventilation par l'air chaud, qui est la *seule efficace,* peut empêcher la fixation et le développement des germes morbides, et que, dans ces conditions, il n'y a pas à hésiter entre les deux modes de chauffage. De sorte que l'on peut dire en toute certitude qu'avec des installations de chauffage et de ventilation comme celles de Briançon, l'hygiène des casernes se trouvera considérablement améliorée et cela, non seulement sans aucune augmentation de dépense, mais encore avec le bénéfice d'un chauffage réel et permanent des chambres.

E. Dubois,
Capitaine du génie.

ÉTUDE

SUR LE

CASSAGE DES GLACI

La gelée apporte dans le régime des cours d
modifications importantes. La navigation est int
pour peu que l'épaisseur de glace atteigne quelq
mètres. Si le froid est plus intense, l'eau s'éc
peine sous les glaçons ; elle les entasse sous d
seurs qui atteignent souvent plusieurs mètres
cent les ponts ainsi que les localités riveraines.

En outre, l'obstacle qui résidait dans un foss
inondation disparaît dès que la couche de glace
forte pour porter des hommes, et avec cet obst
nule la valeur défensive de ce fossé ou de ce
dation.

Aussi comprend-on que, depuis longtemps,
pays à hivers froids, l'on se soit occupé de rech
moyen d'enlever les glaces qui encombrent chaq
pendant une période plus ou moins longue, les e
rantes ou tranquilles, et l'on a confié ce service
pes du génie. Le retour annuel de ces glaces per
leurs d'exercer régulièrement les troupes dans
de travail, et assure une sorte de routine qui pour
rigueur, rendre inutiles les instructions écrites.

Dans nos pays tempérés, il s'écoule souvent un
suite d'années sans que l'on observe des rivièr
par les glaces. On n'en est que plus embarrass
ce phénomène vient à se produire.

Ce n'est pas que l'opération présente en elle-m
difficultés bien grandes, et l'on réussirait toujou

STANFORD LIBRARY

ne tenait à ménager ni le temps, ni la main-d'œuvre, ni la dépense. Mais le plus souvent, il importe d'opérer d'une manière rapide, avec économie de travailleurs et d'explosifs. C'est alors qu'on serait aise de retrouver les résultats de l'expérience antérieure, afin d'éviter, dans la mesure du possible, des tâtonnements toujours regrettables.

Nous disons *dans la mesure du possible :* en effet, c'est surtout ici que l'on ne retrouve pas deux cas semblables ; tout change, depuis les circonstances topographiques, jusqu'aux propriétés mêmes du corps auquel on s'attaque. Aussi est-il impossible de formuler des règles précises, que l'on puisse suivre à la lettre.

On peut toutefois, de l'examen des faits, tirer un certain nombre de principes généraux dont l'observation facilitera la tâche à accomplir.

C'est ce que nous avons essayé de faire dans la présente étude, pour laquelle nous avons mis à contribution un grand nombre de relations de ruptures de glaces, exécutées tant en France qu'à l'étranger. Nous avons en même temps fait connaître, d'une façon détaillée, les procédés usités en Prusse, où ils forment l'objet d'une instruction spéciale.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS.

Modes de formation de la glace. — On sait que l'eau douce présente une particularité remarquable, celle d'un maximum de densité à la température de 4° C., de sorte que lorsque le liquide se refroidit par la surface, il commence par gagner le fond, jusqu'à ce que toute la masse ait acquis la température de 4°.

A partir de ce moment, les couches conservent leur position relative, les plus froides occupant toujours la partie supérieure, de sorte que la congélation paraîtrait devoir se produire toujours par la surface libre [1].

Glaces de fond. — En réalité il en est souvent autrement. En effet, les différentes couches se refroidissent par conductibilité, de sorte que bientôt toute la masse a pris une température inférieure à 0°. Mais à la surface il y a un mouvement incessant qui entraîne les aiguilles de glace à mesure qu'elles se forment, et dans tous les cas retarde la congélation ; au fond, au contraire, la vitesse est singulièrement ralentie, sinon complètement annulée par suite du frottement : circonstance particulièrement favorable à la formation des *glaces de fond.*

La congélation de l'eau est, comme on le sait, accompagnée d'une nouvelle dilatation cubique de 1/12 environ, de sorte que la glace à 0° est plus légère que l'eau liquide à la même température. Par suite, au fur et à mesure que le glaçon augmente d'épaisseur, par sa partie supérieure

1. Les sels en dissolution abaissent à la fois la température du maximum de densité et celle de la congélation, et la première plus rapidement que la seconde, qu'elle atteint dès que la teneur saline est un peu forte. C'est ce qui a lieu pour l'eau de la mer, aussi les glaces s'y forment-elles surtout par le fond.

naturellement, il subit de la part du liquide une poussée verticale croissante qui finit par vaincre son adhérence avec le fond. Il se détache donc et remonte à la surface, en entraînant de la vase, des herbes, des galets, etc., qui trahissent son origine.

Glace superficielle. — La glace superficielle ne se forme qu'aux points où la vitesse est très affaiblie par la présence d'un corps immergé : rivage, herbes, glaçons existants, etc. En observant la surface du liquide, on voit de longues aiguilles se développer progressivement à partir de ces points, et s'enchevêtrer les unes dans les autres, de manière à déterminer une couche mince qui envahit finalement toute la surface du liquide.

Différences d'aspect. — La glace superficielle subit directement l'action refroidissante de l'air ambiant ; aussi sa température est-elle généralement plus basse que celle de la glace de fond.

Il résulte de là, d'après ce qu'on verra un peu plus loin, que la glace de fond qui est venue doubler par-dessous la glace superficielle, se distingue de celle-ci, non seulement par les impuretés qu'elle renferme, mais encore et surtout par sa consistance, qui est notablement moindre, et rappelle celle de la neige agglomérée par fusion partielle. La glace repasse par la même consistance neigeuse lorsque vient le dégel.

On se rend compte de ce phénomène en réfléchissant que, dans un cas comme dans l'autre, on a un amas de cristaux de glace, séparés par de l'eau liquide, que l'abaissement insuffisant de température n'a pas encore solidifiée.

En raison de cette faible consistance, on donne souvent à la glace de fond le nom de *bousin*.

Propriétés physiques de la glace. — Les propriétés physi-

ques de la glace se modifient singulièrement av
pérature.

Par les grands froids, elle est sèche, dure, p
ble ; sa *résistance vive* est donc faible : elle est tr
sous l'action d'un choc.

A une température voisine de son point de f
a une dureté médiocre, elle se laisse facilement
bien que sa résistance statique soit faible, elle
fragile.

On pourrait la comparer, dans le premier cas
et dans le second, au plomb, s'il n'existait un
qui, dans des conditions analogues, bien qu'ave
de température infiniment plus considérable, p
changement semblable dans ses propriétés : no
parler du *fer*. On sait en effet que, tandis qu'il
cilement à la température du rouge, il devient as
par les grands froids.

Le coefficient de dilatation linéaire de la gla
viron 1/20000 par degré centigrade, c'est-à-di
double de celui du zinc. Ce qui explique comme
abaissement de température, des nappes de glac
étendues se fissurent avec grand bruit.

Regel. — A cette même température du rouge
fer se soude parfaitement avec lui-même, par si
tact : nouveau trait de ressemblance avec la gla
voisinage de 0° : celle-ci s'agglomère par la pres

Ainsi, des glaçons poussés les uns contre
finissent par n'en former plus qu'un seul : c'est
nomène du regel [1].

Le regel explique, entre autres, l'agglomérat

1. Cette propriété, si importante dans la nature, s'explique
rie mécanique de la chaleur. En réchauffant un morceau de
réduit en liquide et en même temps on diminue son volume
action mécanique on produit ce dernier effet, la chaleur à
obtenir la fusion est réduite dans une proportion correspond

STANFORD LIBRARIES

neige, qui donne naissance à des glaces plus ou moins compactes, et augmente l'épaisseur de celles déjà formées.

Propriétés mécaniques de la glace. — Il ne sera pas inutile d'indiquer quelques-unes des valeurs obtenues[1] pour les coefficients de résistance de la glace à diverses actions mécaniques : elles se rapportent à la température de — 5°.

La résistance moyenne à la traction varie entre 10 et 17 kg par cm².

Sous une compression, la glace se fend d'abord, puis elle finit par s'écraser sous une pression moyenne de 21 kg par cm², notablement supérieure à celle qui correspond à la rupture par traction.

A la flexion, on trouve un coefficient d'élasticité qui atteint 25 000 kg par cm².

Lorsqu'on opère à une température voisine du point de fusion, on trouve des chiffres bien moindres : les résistances sont réduites de 1/3 et le coefficient d'élasticité n'a plus que la moitié environ de sa valeur à — 5°.

On voit par les chiffres indiqués ci-dessus que la résistance de la glace, tout en étant inférieure à celle des matériaux naturels de construction, leur est comparable toutefois.

Les données suivantes, empruntées à l'*École de ponts*, permettent de compléter la notion de résistance de la glace :

Une épaisseur de 4 cm suffit pour livrer passage à des hommes isolés marchant sur des files de madriers ;

8 cm pour de l'infanterie marchant par files ouvertes ;

12 cm pour la cavalerie et l'artillerie de campagne équipée sur traîneaux ;

15 cm pour des pièces sur roues et attelées.

---

1. Frühling, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1886.

Résistance à l'action des explosifs. — Les explosifs, en produisant des chocs brusques, déterminent dans la glace des ruptures plus ou moins étendues. Il résulte de ce qui vient d'être dit que la glace se fendra mieux par les grands froids que lors du dégel. L'expérience montre que dans ce dernier cas, il faut souvent doubler les charges pour obtenir des effets équivalents.

Embâcles. — Ce qui a été dit plus haut explique la soudaineté avec laquelle les rivières se congèlent par les grands froids. Les glaçons se forment au fond et ne remontent à la surface que lorsqu'ils ont déjà acquis une épaisseur notable.

A partir de ce moment, la congélation s'achève dans toute leur masse par leur contact avec l'air froid, et ils durcissent notablement.

Du reste, quelle que soit la provenance des glaçons charriés par un cours d'eau, qu'ils soient détachés du fond par leur légèreté relative, ou des bords par la vitesse du courant, s'il survient un arrêt dans leur marche, ils s'agglomèrent entre eux et recouvrent la surface de l'eau d'une couche continue, plus ou moins unie.

Lorsque le froid persiste, la couche de glace, une fois stationnaire, augmente continuellement d'épaisseur, tant par la congélation de l'eau qui en baigne la surface inférieure que par l'ascension de nouveaux glaçons de fond. La soudure de ces derniers avec la couche superficielle ne se produit qu'en dernier lieu et est par suite plus ou moins parfaite.

Sur un cours d'eau, le phénomène de la prise porte le nom d'*embâcle*.

Débâcle. — Le phénomène inverse de l'embâcle est la *débâcle*.

Lorsque la température s'élève, la glace devient moins

résistante et cède plus facilement à l'action du courant qui en détermine la rupture et l'entraîne.

Mais il existe une autre cause souvent plus puissante : ce sont les pluies, qui déterminent des crues. L'eau agit tant par sa vitesse que par sa température ; elle désagrège les glaçons et les entraîne.

On comprend facilement que la débâcle est d'autant plus aisée que la proportion d'eau liquide est plus considérable, les glaces étant enlevées au fur et à mesure qu'elles se détachent.

Amoncellements. — Lorsqu'au contraire la débâcle est due à une simple élévation de température, la masse manque de fluidité et des amoncellements peuvent se former[1].

Le même phénomène se produit, sur les cours d'eau des régions tempérées, dans des circonstances très variées.

Tous les points où l'écoulement des glaces rencontre un obstacle peuvent devenir le siège d'un embâcle, puis d'un amoncellement. Ce sont, par exemple, les changements de direction du lit, sa subdivision en plusieurs bras, d'où résultent des îlots et des rétrécissements, les hauts-fonds, les végétaux, les ponts et autres ouvrages d'art comportant des supports intermédiaires. De même des points où la vitesse du courant diminue notablement, par exemple ceux où la profondeur du lit est plus grande qu'ailleurs.

En résumé, les problèmes suivants peuvent se poser à l'ingénieur, militaire ou civil :

a) Sur les eaux courantes :

1° Rétablir la continuité de la nappe d'eau interrompue par un embâcle simple, de manière à assurer une débâcle régulière et sans accidents ;

1. Ainsi, les grands fleuves de la Sibérie qui coulent du Sud au Nord, se congèlent dans toute leur épaisseur chaque hiver. Au retour du printemps, la fonte des glaces commence par la partie sud du cours d'eau, c'est-à-dire en amont. L'écoulement de la masse, en partie liquide, en partie solide, est entravé par le barrage d'aval ; elle s'élève rapidement et s'épanche sur les côtés, de sorte que le lit se déplace chaque année.

2° S'il s'est formé un amoncellement de glaces, le rompre afin d'éviter qu'il ne prenne des proportions plus grandes ;

3° Protéger les ponts et ouvrages d'art menacés par une débâcle trop violente ;

b) Sur les eaux dormantes :

Enlever les glaces de manière à assurer la continuité de la nappe d'eau.

CHAPITRE II.

CASSAGE DES GLACES SUR LES COURS D'EAU.

§ 1. — Marche générale à suivre pour rompre un embâcle.

On vient de voir quels dangers entraîne la gelée sur les eaux, lorsqu'il existe un courant qui peut amonceler les glaçons et que le dégel se produit de l'amont vers l'aval. Il en est autrement si le dégel a lieu de l'aval vers l'amont, parce qu'alors le courant entraîne naturellement les glaces au fur et à mesure qu'elles se détachent. C'est ce cas favorable que l'ingénieur doit chercher à réaliser artificiellement lorsqu'il est chargé de rompre un embâcle.

Il suffit pour cela de pratiquer sur toute la longueur occupée par les glaces un chenal d'une largeur proportionnée à celle de la rivière, de manière que les glaçons qui se détacheront ensuite puissent le parcourir librement.

Ce chenal doit être entrepris en remontant de l'aval vers l'amont. De cette manière, il se dégage à mesure qu'il se forme. Si l'on opérait autrement, les glaçons qui en proviennent séjourneraient trop longtemps en contact les uns avec les autres et se souderaient de nouveau, par les grands froids.

Tracé du chenal. — La position la plus avantageuse à donner à ce chenal est la ligne de thalweg, et cela pour deux raisons. La première est que la glace est généralement moins épaisse en cet endroit, en raison de la plus

grande vitesse du courant, et que par conséquent il faudra moins de peine pour y pratiquer un vide. La seconde est que l'entraînement des glaces doit se faire par les eaux mêmes, et que dès lors il convient de choisir le point où le courant est le plus fort.

Parfois, cependant, la partie libre du cours d'eau se trouve ailleurs que sur le thalweg, par exemple sur le long d'une rive. Ce cas se présente souvent à la traversée des villes, lorsque des égouts déversent dans la rivière des eaux à température relativement élevée. Alors on pourra partir de cette lacune et l'élargir en se rapprochant du thalweg.

Largeur à donner au chenal. — Le chenal doit livrer passage aux glaçons provenant de la débâcle.

La largeur de ceux-ci peut être égale à l'intervalle existant entre le bord du chenal et la rive voisine. Il convient donc, pour assurer l'écoulement de la débâcle, de donner au chenal une largeur au moins égale au tiers de celle du cours d'eau, lorsqu'il est placé à égale distance des deux bords, et à la moitié lorsqu'il est jointif à une rive.

Ici encore ce chiffre n'est qu'une approximation, et si les glaçons en amont sont mal soudés les uns aux autres, ou si l'on surveille la débâcle en s'astreignant à rompre les glaçons les plus larges, ou si enfin le courant est rapide, on peut se tenir au-dessous de la largeur indiquée.

Dans le cas contraire, il faudra la dépasser.

Mode d'exécution du chenal. — Lorsque le développement du chenal à ouvrir dépasse 5 ou 6 fois sa largeur, il faut prendre des mesures pour assurer l'écoulement des glaçons qui sont détachés en tête. Pour satisfaire à cette condition, le chantier d'avancement doit n'occuper qu'une fraction de la largeur définitive, ce qui revient à opérer par *formes successives*. La forme de tête peut occuper diverses possition : soit toujours le même côté, soit alterna-

tivement l'un et l'autre côté, soit enfin le milieu. On verra plus loin des exemples de chacun de ces cas.

Lorsqu'il existe un pont sur le cours d'eau en aval du point où l'on travaille, on doit s'arranger de manière à ne pas détacher des glaçons d'une largeur supérieure à l'intervalle des piles, et en général à l'ouverture du passage.

Rainures. — Les bords du chenal doivent être aussi réguliers que possible. Toute saillie occasionne, en outre d'une réduction dans la largeur, qui diminue la puissance de débit, une cause d'arrêt pour les glaçons.

On assure cette régularité en découpant préalablement des rainures au travers de la couche, lorsque la chose est possible, de manière à délimiter le chenal.

Ces rainures facilitent en outre, comme on le verra plus loin, la rupture ultérieure des glaces.

Corps étrangers. — Pour la même raison, il faut faire disparaître tous les obstacles à l'écoulement des glaçons, tels que branches ou racines d'arbres, embarcations ou blocs échoués dans le lit, etc., qui pourraient devenir le noyau d'un nouvel embâcle.

Remarques. — 1° Lorsque l'on entreprend trop tôt l'ouverture du chenal, on s'expose à le voir s'encombrer de nouveau si les froids persistent. Il serait donc bon de prévoir l'époque probable du dégel, de manière à commencer le travail au moment le plus favorable; mais l'inconvénient qu'il y a à se laisser surprendre sera en général assez considérable pour que l'on se hâte le plus possible, au risque de faire de la besogne inutile.

2° Lorsque la rivière est prise sur une faible longueur, on peut se dispenser de créer un chenal et attaquer l'embâcle sur toute sa largeur par une ligne transversale de fourneaux, ou, s'il y a lieu, par tranches successives normales à la direction du courant.

Parfois même on a opéré ainsi pour des rivières prises sur une grande étendue. Mais il faut noter qu'alors l'avancement est notablement ralenti, et la période critique plus longue, pendant laquelle l'on a à craindre en amont une débâcle subite donnant lieu à un amoncellement de glaces. En outre, on prend ainsi la peine de disloquer des glaces qui, avec le procédé décrit plus haut, s'écouleraient naturellement par le chenal lorsque surviendrait le dégel. Aussi cette méthode ne doit-elle être employée que dans des cas exceptionnels.

3° On peut encore, lorsque le courant est assez fort, commencer le chenal en un point quelconque et faire passer les glaçons au-dessous de la couche d'aval au fur et à mesure qu'ils sont détachés en amont. Cette méthode est applicable au cas où l'on veut protéger de suite un point menacé par les glaces, ou pratiquer un bassin. Mais il est prudent de ne considérer la solution obtenue que comme provisoire et, s'il existe en amont une quantité assez grande de glaces, de creuser ensuite un chenal dans la nappe de glace d'aval.

Cette méthode permet d'attaquer un chenal en plusieurs points à la fois, de manière à y employer un plus grand nombre de travailleurs et à en accélérer l'achèvement.

4° Si, par suite de l'amoncellement des glaces, les eaux se sont créé un déversoir latéral au cours d'eau, on peut utiliser ce déversoir comme amorce de la partie d'amont du chenal à créer, ce qui permet d'évacuer une portion des glaces retenues en amont, et d'atténuer le danger pendant qu'on attaquera directement la tête de la banquise pour pratiquer la portion inférieure du chenal (Saumur, 1880).

Outils servant au cassage des glaces. — Les outils les plus employés pour le cassage des glaces sont les suivants :

La hache à main, la hache de bûcheron et la hache de charron, classées ici par ordre croissant de poids, et par conséquent de puissance. On s'en sert pour fendre la glace ou pour y entailler des rainures que l'on pratique copeau par copeau.

En Prusse, on emploie une hache d'un modèle spécial (fig. 1) dont le fer, long d'environ 50 cm, a le tranchant

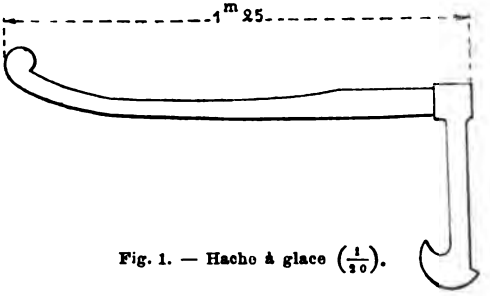


Fig. 1. — Hache à glace $\left(\frac{1}{20}\right)$.

fortement arrondi et terminé par une pointe qui permet de piquer les glaçons et de les rejeter sur les côtés.

La scie, qui permet de séparer assez rapidement un bloc de glace ; on emploie à cet effet le modèle des tailleurs de pierre, sans châssis, à lame épaisse et rigide. On la manœuvre au moyen d'un manche fixé à l'une des extrémités, et on la leste à l'autre extrémité avec une masse de fonte ou de plomb. En donnant à la scie une inclinaison convenable le contrepoids détermine une pression convenable de la denture sur le fond du trait, et, en même temps, la descente automatique de la lame.

Des leviers, pour soulever des glaçons ou pour les enfoncer sous l'eau.

La gaffe, le râteau à long manche, pour pousser les glaçons ou pour les ramener à la rive[1].

Pour percer des trous dans la glace, on peut se servir

1. Sans emploi d'explosifs, les outils énumérés ci-dessus peuvent suffire à déblayer des glaces lorsque leur étendue ou leur épaisseur est assez faible. (V. au chap. III.)

de la pioche ou de la hache lorsque l'épaisse
considérable, 15 à 20 cm, ou plus, avec le m
figure 1.

Forages. — On exécute les forages dans l
moyen de barres à mine, soit ordinaires, soit à
La barre à mine ordinaire de 2 m de longu
à 1,5 m et 1,8 m la profondeur du forage.
2 hommes; son faible diamètre la rend diffi
nier en raison du froid.

La barre à mine à rallonges exige 3 hommes
2; en revanche, elle est mieux en main en ra
plus grand diamètre, le travail est plus facile
pide; le forage, plus large, se prête mieux à
tion des charges.

On amorce le trou au moyen d'une pioche.

La manœuvre de ces outils complètement
par les grands froids détermine chez les homm
manient une véritable douleur, qui nuit en out
pidité du travail. Aussi convient-il de les mun
épais, ou tout au moins d'un morceau d'étof
dont ils puissent se garantir les mains.

En Autriche, on emploie, pour forer des tr
glace, des pieux en bois avec sabots en fer ou
ferrés; ils ont l'avantage d'être bien plus ma
le froid que les outils complètement en métal.

On peut encore dans le même but employ
ciseau solidement assemblé avec un manche e
lui usité en Prusse a un tranchant large de
longueur, manche compris, est de 3,40 m.

Lorsque la couche de glace présente des lac
parties faibles, on évite bien des accidents en
les travailleurs les plus exposés de gilets de
cordes de sauvetage. On peut encore lancer
en porte-à-faux au-dessus de l'emplacement
(Grenoble, 1891).

STANFORD LIBRARIES

§ 2. — Cassage des glaces à l'aide de bateaux, sans explosifs.

Emploi de bateaux montés. — Quand l'épaisseur de la glace n'est pas supérieure à 10 ou 12 cm, le procédé le plus simple et le plus rapide pour la briser consiste à employer un bateau auquel on communique un mouvement de balancement de l'arrière à l'avant (tangage).

Ce bateau, qui doit être construit solidement et muni à l'avant de feuilles de tôle de 2 mm d'épaisseur, est chargé de 25 à 30 hommes que l'on répartit par moitié sur les deux bords. Chaque section se portant alternativement en avant et en arrière, le bateau reçoit un mouvement d'oscillation; en le halant à la rencontre de la glace, son avant la brise à chaque fois, et il s'y fraie un passage.

Ce procédé convient également pour des épaisseurs de plus de 10 à 12 cm, si la température n'est pas trop basse et, par suite, si la glace est médiocrement résistante.

Emploi de traîneaux. — En 1878, on a employé sur la basse Vistule des traîneaux de forme spéciale pour rompre la glace[1]. Le traîneau, en bois et d'environ 22,5 m de long, 2,6 m de large et 1,43 m de hauteur, est muni en dessous de trois bandes en bois A, revêtues d'un fer plat de 10 mm d'épaisseur (fig. 2 et 3); elles ont pour effet, en

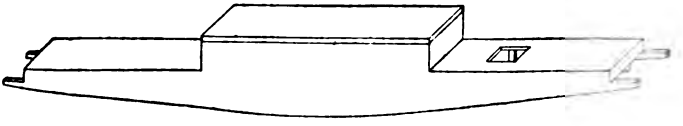


Fig. 2. — Vue perspective du traîneau brise-glaces.

reportant tout le poids du traîneau sur une faible étendue, de faciliter la rupture de la glace.

1. *Zeitschrift für Bauwesen*, 1888, p. 357.

L'emploi de cet engin est le suivant: On
par tailler à la hache une rainure de 50 m, au
la glace et suivant l'axe du chenal à ouvrir. C
hale à contre-courant les deux traîneaux, l'un

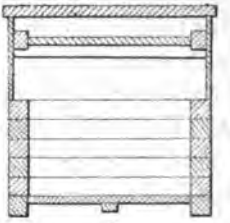


Fig. 3. — Coupe transversale du traîneau ($\frac{1}{100}$

côté et à 5 m de la rainure. En s'élevant sur la
la brisent, s'enfoncent, remontent de nouveau,
suite. On obtient ainsi un chenal de 20 m envi
geur. Avec un troisième traîneau, l'on élargit r
ce chenal à 120 m et même 150 m. Mais ce
convient que pour des glaces minces. Dès qu'el
nent quelque peu épaisses, le traîneau brise-
trop léger et, d'ailleurs, il demande trop d'hon
sa manœuvre.

Bateaux à vapeur brise-glaces. — Pour parer
inconvénients de la méthode, on a essayé des
vapeur qui peuvent rompre de la glace d'une
totale de 1,3 m à 2,5 m, dont le quart en glac
reste en glace de fond. A cet effet, le bateau
d'un éperon et de 3 quilles en fer ayant
(fig. 4); il se porte en arrière de 100 m à 2

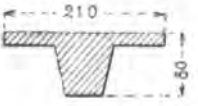


Fig. 4. — Profil de la quille latérale, de la quille média

prendre son élan, et il s'élance sur la glace, contre laquelle il dépense toute sa force vive ; puis il recommence.

Le choc a pour effet de briser la glace directement choquée et, en outre, d'y déterminer des fentes étendues qui facilitent le départ des glaçons [1].

Des bateaux de ce genre, au besoin renforcés à l'avant par une sorte d'éperon, rendent la navigation possible sur des cours d'eau recouverts d'une épaisseur modérée de glace. Ce procédé peut rendre des services pour le maintien de la navigation fluviale à l'arrière des armées.

Entretien du chenal. — Le chenal, une fois formé, tend à se barrer de nouveau, si la température est basse. Dans ce cas, on peut le maintenir libre en le faisant parcourir par une embarcation. Si l'on dispose d'un bateau à vapeur, la besogne est simplifiée en ce que l'on n'a pas besoin de le faire circuler constamment dans le chenal ; l'on peut attendre au matin pour rompre la glace, qui se forme surtout pendant la nuit.

C'est ce qui a été fait, par exemple, à Lyon, en 1879, sur la Saône. La température étant très basse (— 16°), le chenal, large de 80 m et long de 2 km, se recouvrait chaque nuit de glace ; on y fit passer chaque matin, pendant 20 jours, un bateau à vapeur.

§ 3. — Emploi des charges superficielles.

Le procédé le plus simple pour rompre la glace consiste à opérer par charges superficielles.

L'expérience a montré qu'une charge isolée d'explosif brisant, placée sur la glace, produit un simple trou, sensiblement rond, terminé par des contours à peu près nets et sans fissures : le résultat est donc fort médiocre au point de vue du déblaiement.

Quand on emploie un chapelet de pétards assez rappro-

1. Nous renvoyons, pour plus de détails, au journal indiqué page 565.

chés, les entonnoirs se rejoignent et donnent une rainure à bords irréguliers.

Ainsi, à Saumur, en 1879-1880, on a fait détoner une file continue de cartouches de dynamite n° 1, ficelées bout à bout sur des tringles et d'un développement total de 150 m ; ce qui, à raison de 700 gr par mètre courant, représentait une charge totale de 100 kg environ.

L'explosion produisit dans la glace, qui avait 1 m d'épaisseur, un sillon de 35 à 40 cm de profondeur, traversé par de nombreuses fissures [1].

En 1890-1891, à Bougival, sur le petit bras de la Seine, la glace avait une épaisseur de 25 cm à 30 cm. Un chapelet de pétards de mélinite, espacés de 0,80 m à 1 m et reliés par du cordeau détonant, a été disposé au fond de rainures de 8 cm à 10 cm de profondeur, et recouverts de neige. L'explosion a déterminé une coupure continue d'environ 3 m de largeur [2].

Pour détacher des glaçons de quelque étendue, il faut disposer la charge d'une manière différente, et créer, par une rainure préalable ou par un moyen équivalent, un vide vers lequel la poussée de l'explosion puisse exercer son effet d'une manière efficace.

Procédé Gobin. — Parallèlement au bord libre de la nappe de glace, on pratique à la hache une entaille de 4 à 5 cm de profondeur, présentant une section en forme de V. La paroi la plus voisine du bord est verticale, et l'autre en talus très doux. On y étend une charge longue brisante, formée de pétards jointifs ou espacés, et disposés de manière que l'explosion du premier se transmette aux autres.

La détonation a pour résultat de déterminer une ou plusieurs fissures parallèles au bord libre, et d'une longueur

1. Rapport de M. le chef de bataillon Lambert.
2. Rapport de M. le capitaine de Félix, du 1er régiment du génie.

plus ou moins grande. On augmente l'effet en recouvrant la charge d'un léger bourrage en terre, sable ou glace, de quelques centimètres d'épaisseur, dont la surface supérieure soit sensiblement parallèle à la face inclinée de la rainure, de manière que la pression due à l'explosion s'exerce vers la paroi libre de la nappe de glace.

On se rend facilement compte du mode d'action de l'explosif. La rainure détermine une diminution de résistance dans la couche : la fissure une fois commencée se propage, par l'effet de la poussée de l'explosif, de la même manière que sur une feuille de verre. On peut encore comparer le phénomène à celui de la fente d'un bloc de pierre par l'enfoncement d'un coin.

Ce procédé a été appliqué pour la première fois par M. Gobin, ingénieur des ponts et chaussées, sur le Rhône, à Lyon, en 1871 [1].

La glace avait une épaisseur franche de 18 à 20 cm ; les entailles étaient pratiquées à 14 m du bord libre et avaient une longueur de 1 m ; quant aux charges, formées de 210 gr de dynamite n° 3, elles avaient une longueur de 0,80 m à 1 m.

Dans ces conditions et par un froid vif, l'explosion produisait des fissures de 100 m à 200 m de longueur.

Les résultats obtenus ne sont pas toujours aussi favorables ; et, que la glace ait ou plus d'épaisseur ou moins de fragilité, les fentes se prolongent beaucoup moins. Alors il faut employer de véritables chapelets de cartouches.

C'est ce qui a été fait sur la Seine, à Conflans, en 1890-1891, par un détachement du génie.

La glace qui avait une épaisseur moyenne de 15 cm, présentait une lacune le long de la rive gauche. On se servit de pétards de mélinite, espacés de 1 m et reliés par du cordeau détonant, que l'on disposa sous forme de cha-

1. *Annales des ponts et chaussées*, 1872, II, 406.

pelets sur une ligne à 10 m du bord libre. Transversalement à la ligne principale on avait formé des chapelets de 6 m de longueur, de 10 en 10 m d'intervalle : les glaçons détachés par l'explosion avaient 10 m sur 10 m.

L'on élargit progressivement la lacune primitive jusqu'à 30 m, sur une longueur de 280 m[1].

Inconvénients de la méthode. — Cette méthode des charges superficielles exige que la glace soit assez régulière comme surface, afin que l'explosif puisse s'y appliquer convenablement.

Il faut que l'on puisse y circuler librement pour pratiquer les entailles ; enfin, si la consistance de la couche n'est pas uniforme, les fissures ne se propagent pas en ligne sensiblement droite, et s'arrêtent aux joints des glaçons. Par suite, la méthode ne s'applique qu'à des glaces unies, formées sur place, et assez minces.

Dès que la glace est un peu épaisse ou que la température est élevée, l'on est conduit à employer des charges considérables, qui entraînent une grande consommation d'explosif et rendent la méthode peu économique.

On augmente parfois l'effet obtenu en reliant les charges entre elles par un cordeau détonant, de manière à obtenir des explosions absolument simultanées. Mais alors la quantité totale d'explosif qui détone à la fois est considérable, et, sans parler de la difficulté d'installation, il en résulte des explosions violentes qui occasionnent des dégâts dans les maisons voisines.

C'est là un inconvénient d'autant plus sérieux que les ruptures de glaces se font généralement aux abords de localités habitées.

Il convient donc de ne recourir à cette méthode que d'une façon exceptionnelle, et seulement si l'on possède des explosifs brisants.

---

1. Rapport de M. le lieutenant Tardi, du 1er régiment du génie.

Glaçons flottants. — L'un des cas exceptionnels visés ci-dessus est celui dans lequel il s'agit de rompre des glaçons flottants pour en faciliter le passage à travers un défilé, chenal ou arche de pont. Alors il est rarement possible d'opérer par charges noyées, et l'on se contente de les rompre par charges superficielles. On place rapidement ces charges, soit en montant sur le glaçon, soit en les y portant au bout d'une longue perche. On peut enfin les y lancer ou les laisser tomber du haut d'un pont, après avoir préalablement enflammé la mèche lente qui y est attachée solidement.

Bateaux et charges superficielles. — On peut enfin, dans le cas d'une épaisseur de 10 cm à 15 cm, opérer par une méthode mixte, qui économise les explosifs.

Dans ce cas, un bateau opérant comme il a été dit permet de creuser rapidement un chenal de 5 m environ de largeur. Pour l'élargir, on en creuse un second parallèlement au premier, à une vingtaine de mètres d'intervalle; puis on fait détoner entre les deux têtes une cartouche de 100 gr de dynamite qui détache un glaçon de 20 m de largeur. Si sa longueur ne dépasse pas une trentaine de mètres, en plaçant la charge à 1/3 de cette longueur à partir de la racine, on débite en même temps le glaçon que l'on peut dégager à l'aide de gaffes.

§ 4. — Emploi des charges immergées.

On a vu, au paragraphe précédent, combien est faible le rendement des explosifs lorsqu'on les emploie en charges superficielles. Les résultats obtenus sont bien meilleurs lorsqu'on emploie des charges immergées ; en effet, l'eau et la glace forment un bourrage qui renforce singulièrement l'effet produit ; la pression des gaz dégagés est plus considérable et elle s'exerce de bas en haut, ce qui est évidemment le sens le plus favorable.

La charge explosive agit sur la glace comme une torpille sur un navire, et dans les deux cas, c'est la force vive de la masse d'eau soulevée qui produit l'effet désiré.

A fleur d'eau, la charge donne une gerbe élevée mais étroite; profonde, elle soulèvera le liquide sur une grande étendue, mais à faible hauteur. Il faut que la profondeur d'immersion soit assez grande sans que cependant l'intensité du choc vertical soit inférieure à la résistance de la couche de glace. L'expérience indique dans chaque cas la disposition qui brise la plus grande surface et donne le minimum de projections.

Le poids de la charge qui produit la rupture d'une couche de glace en contact avec l'eau dépend, pour un explosif déterminé, des 4 éléments suivants :

1° Enfoncement dans le liquide ; 2° Épaisseur de la glace ; 3° Coefficient de résistance de celle-ci ; 4° Largeur d'entonnoir à produire.

La formule, si elle était connue, comprendrait ainsi une variable de plus que pour le calcul des fourneaux dans la terre. A cette complication viendrait se joindre la difficulté de déterminer le coefficient de résistance de la glace.

Ce qu'on peut dire d'une manière générale, c'est que, la couche de glace étant donnée, le poids de la charge la plus avantageuse croît avec la profondeur à laquelle on l'enfonce, et en même temps l'étendue des effets obtenus.

Par suite, si cette profondeur est trop limitée par les circonstances locales, on est réduit à des charges trop faibles, dont il faut multiplier le nombre, au risque d'augmenter notablement la main-d'œuvre.

D'un autre côté, de trop fortes charges donnent des fentes étendues, mais produisent des glaçons trop volumineux, qu'il faut ensuite débiter en fragments plus petits pour les évacuer.

Explosifs. — L'emploi de charges immergées permet de recourir à des explosifs quelconques, brisants ou non, et

en particulier à la poudre noire, qui n'est pas admissible pour des charges superficielles. Dans le cas actuel, en effet, l'eau et la glace forment un bourrage grâce auquel les gaz peuvent acquérir une tension comparable à celle en vase clos, de sorte que les poudres à combustion progressive regagnent une partie de l'avantage que possédaient, à l'air libre, les poudres brisantes.

L'on est donc beaucoup moins limité pour le choix de l'explosif, et l'on peut, tout au moins dans les applications du temps de paix, pour lesquelles on a souvent recours aux troupes du génie, adopter celui dont l'emploi est le plus économique.

Si l'on prend pour type des explosifs brisants la dynamite à 75 p. 100, on sait qu'à bourrage complet elle donne des effets de rupture égaux à environ 2,5 fois ceux fournis par un égal poids de poudre noire [1].

Les effets de déblaiement ne sont pas supérieurs dans le même rapport : mais on peut évaluer *grosso modo* la puissance de la dynamite comme égale au double de celle de la poudre ordinaire, et ce rapport est confirmé par une expérience faite à Saumur, en 1880 [2].

L'expérience a fait ressortir une autre différence entre l'action de la poudre et celle des explosifs brisants, lorsqu'on les fait détoner au-dessous de la couche de glace : à égalité de diamètre d'entonnoir, les fissures sont plus étendues avec la première qu'avec les seconds.

Cette propriété peut s'expliquer par la moins grande rapidité d'expansion des gaz auxquels la poudre donne naissance : elle rappelle l'effet bien connu que produit

---

1. Ce n'est pas ici le lieu de parler des détails de l'emploi et de la mise de feu des divers explosifs. Cependant on mentionnera ce fait important, c'est que l'on peut se dispenser de faire dégeler la dynamite, à condition d'employer des capsules assez fortes, 1,5 gr pour la dynamite siliceuse à 75 p. 100.

2. On a déterminé la valeur de g dans la même glace, pour la poudre et pour la dynamite n° 1. On a trouvé pour la première, $g = 0,96$; pour la seconde, $g = 0,5$.

une balle de fusil, arrivant à grande ou à fai
sur une vitre : dans le premier cas, un trou ;
cond, des fentes rayonnantes. Comme l'on re
surtout des fissures étendues, il est clair que l
signalée ci-dessus constitue un avantage de l'e
poudre noire pour la rupture des glaces par c
mergées.

Si l'on recherche l'économie, on pourra, suiv
être conduit à des conclusions différentes.

Dans le service militaire, lorsqu'on s'en tient
sifs de guerre, poudre noire ou explosifs br
forme de pétards revêtus d'une enveloppe méta
teuse, l'avantage est à la première. Dans l'indu
pôt grève plus lourdement à proportion la pou
explosifs brisants, d'ailleurs simplement en
dans du papier ; l'avantage est alors à ces dern

L'industrie emploie actuellement un gra
d'autres substances explosives, dont la comp
calculée en vue de certaines exigences spéci
autres l'abaissement des prix de revient.

L'un de ces mélanges mérite une mention p
c'est l'explosif Favier, qui est composé d'azota
niaque et d'une faible proportion de nitro-napl

Il s'est assez bien comporté sous forme
noyées, dans les travaux de rupture de glac
sur la Seine, au commencement de 1891.

Uniformité des charges. — Les variations d
fondeur d'immersion et dans la résistance de l
glace devraient rationnellement entraîner une v
rélative dans le poids de la charge. Il résultera
grande complication et un ralentissement dans l
artificiers. Aussi convient-il de s'en tenir à un p
de types, ce qui permet de préparer ces charge
nière continue et d'en avoir toujours à l'avanc

STANFORD LIBRARIES

Préparation des charges. — Les explosifs brisants sont employés par pétards ou cartouches, généralement assemblés sur une baguette et ficelés. Toutes les précautions sont prises pour mettre l'explosif et son amorçage à l'abri de l'humidité. Dans ce but, on a quelquefois logé la dynamite dans des vases en poterie, bouchés avec du ciment à prise rapide (Lyon, 1879-1880). Il convient de donner à la charge une forme aussi concentrée que possible, de manière qu'elle agisse tout entière dans les meilleures conditions de ligne de moindre résistance. Afin de la maintenir à la hauteur convenable, on lie à la baguette une traverse qui repose sur les bords du trou pratiqué dans la glace.

Pour ce qui a trait à l'emploi de la poudre noire, se reporter au § 5.

Placement des charges. — Il ne reste plus qu'à introduire chaque charge à sa place et à la faire détoner.

La présence d'un trou au travers de la couche de glace et immédiatement au-dessus de la charge, nuit évidemment à l'effet de l'explosion, surtout lorsqu'il est un peu large.

Il faut donc, ou réduire le diamètre de ce trou à quelques centimètres, en le creusant à la barre à mine, ou, si la chose est impraticable, incliner à 45° environ la baguette qui supporte la charge, de manière que celle-ci se trouve à une distance suffisante de la verticale du trou.

Pour éviter autant que possible le recouvrement des cercles de rupture de la glace, il convient de disposer les trous en quinconce, lorsqu'on doit en employer plusieurs lignes.

Ordre des explosions. — Les charges ont le maximum d'efficacité lorsqu'on les fait détoner simultanément, ce qui entraîne l'emploi du cordeau détonant, et par suite un accroissement notable de la dépense. L'inflammation

par l'électricité n'est pas à conseiller, comme d
coûteuse en raison de la perte des conducteurs.

On obtient d'excellents résultats avec le bick
condition d'employer la sorte dont l'imperméa
proportionnée à la profondeur d'immersion, et, s
ges sont très rapprochées, de ne placer l'une qu'
l'autre aura détoné : cela afin d'éviter qu'une
n'endommage la transmission de feu de la voisi

Comme l'effet de rupture est plus considérabl
bords d'une nappe de glace que dans la partie
les explosions doivent commencer de préféren
voisinage de la bordure.

Disposition d'un chantier. — A Saumur, en 1
on a procédé comme suit sur le bras gauche d
où l'épaisseur des glaces était comprise entre
savoir : 1,5 m à 2 m pour la couche supérieure
compactes et 2 à 3 m pour la couche inférieu
çons mobiles.

En tête du travail, vers l'amont, la 1re briga
nait, suivant les difficultés à vaincre, de 5 à
de foreurs disposés en quinconce sur trois lig
sus du chenal à ouvrir, et à 5 m environ les
tres, soit en tout 20 hommes en moyenne. La
des forages variait de 1,5 m à 1,8 m.

La 2e brigade, composée de 10 hommes, c
mettait le feu.

La 3e brigade, de 20 hommes au moins, c
chenal après les explosions.

A ces 3 brigades, comprenant ensemble u
taine de travailleurs, il reste à ajouter :

1° Les hommes, au nombre de 10 environ,
raient les charges, de 2,5 kg de dynamite
voisine ;

2° Des pontonniers, en nombre variable,
chargés du service de sauvetage et des transp

STANFORD LIBRARIES

et prenaient part, en outre, quand il y avait lieu, aux travaux de déblaiement et d'élargissement du chenal.

Il fallait donc, pour l'organisation complète d'un seul chantier, 75 à 80 hommes.

A Asnières, sur la Seine, pendant l'hiver de 1890-1891, la glace franche avait une épaisseur de 15 cm à 25 cm, sauf sur l'un des bords, où l'on put pratiquer une coupure étroite au moyen d'un bachot halé par 4 chevaux et monté par 12 hommes. Il n'y eut plus qu'à l'élargir au moyen d'explosifs.

A cet effet, on employait des charges de 200 gr à 500 gr de mélinite, enfoncées à 40 cm au-dessous de la surface supérieure de la glace, et espacées de 3 m à 3,50 m. On y reliait des chapelets transversaux de charges semblables.

L'explosion simultanée du tout détachait une bande de 18 m de largeur tronçonnée tous les 30 m à 40 m[1].

A Lyon, en 1879-1880, on a opéré comme suit pour obtenir un chenal de 100 m de largeur dans des glaces agglomérées de 2 m d'épaisseur. Un premier atelier circonscrivait au-dessus du thalweg un fer à cheval de 25 m à 30 m de largeur sur 6 m à 8 m de longueur (fig. 5) avec des trous de 1 m de profondeur, et y enfonçait des char-

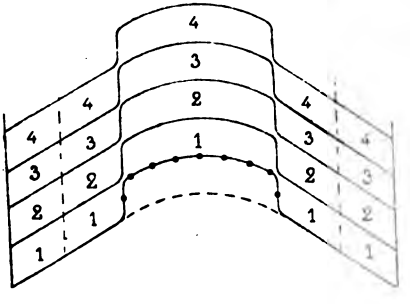


Fig. 5. — Marche du travail.

Les chiffres marquent les ateliers travaillant simultanément.

1. Rapport de M. le lieutenant Gignan, du 1er régiment du génie.

ges de 1 kg à 5 kg de dynamite que l'on bourrait avec des débris de glace et dont on enflammait simultanément les bickfords.

Une première échancrure obtenue, il répétait la même opération en amont tandis que 4 autres ateliers déblayaient de la même manière les côtés. Les glaçons une fois à la dérive, étaient divisés au moyen de 5 à 6 charges de 1 kg logées au fond de trous de 0,80 m de profondeur. Les mineurs y mettaient le feu et remontaient en bateau pour regagner prestement la rive[1].

§ 5. — Méthode suivie en Prusse[2].

Marche générale. — L'opération consiste essentiellement à découper, au travers de la glace et parallèlement au thalweg, deux rainures à un intervalle convenable, et à briser la bande ainsi délimitée au moyen d'explosions produites sous l'eau.

Rainures. — Les rainures sont tracées, en partant de l'aval, au moyen de gaulettes. Leur intervalle est moyennement de 40 m; il peut descendre à 20 m (fig. 6), mais,

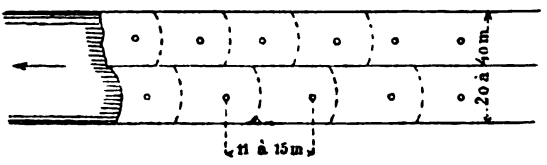


Fig. 6. — Plan d'ensemble du chantier.

au contraire, s'élever à 90 m, lorsqu'il y a beaucoup de glace à faire écouler et que la pente est faible.

1. Rapport de M. Pasqueau. (*Ann. des p. et ch.*, 1880, II, p. 368.
2. *Anleitung zum Eissprengen für Militär-Kommandos.* Berlin, 1886.

On taille ces rainures à la hache, et on leur donne une largeur de 20 à 30 cm ; s'il y a de la vase et une couche de glace molle au-dessous de la couche supérieure, ou encore s'il survient brusquement une forte gelée, on va jusqu'à 60 cm.

Il est bon, si l'on dispose d'un personnel suffisant, de découper des rainures intermédiaires, de manière à donner aux bandes partielles une largeur de 20 m à 30 m.

Creusement des trous. — Ceci fait, on creuse au travers de la glace, en quinconce et à des intervalles de 11 m à 15 m, des trous en forme de triangle équilatéral de 80 cm de côté, l'un des sommets dirigé vers l'amont.

Par ces trous on introduit successivement, en allant de l'aval vers l'amont, les charges explosives, suspendues à une perche à bout ferré (fig. 8) dont la mèche a été préalablement allumée ; on fait flotter les glaçons détachés par les explosions, après les avoir brisés s'ils sont de trop grande dimension.

Perche. — La perche en sapin, de 6 à 7 m de longueur, a 5 cm de diamètre au moins au petit bout. Son gros bout, de 8 cm de diamètre au plus, est muni d'une douille prolongée par une tige F (fig. 8) de 60 cm de longueur, de 13 mm à la base et de 6 mm à l'extrémité, en fer doux et facile à courber, et terminée par un bouton, ou bien, plus simplement, le gros bout est traversé par la tige d'un boulon. La première disposition permet de donner à la perche la courbure la plus convenable pour obtenir l'effet voulu.

Charges explosives. — L'explosif habituellement employé est la poudre ordinaire à canon ou à fusil, qui est facile à trouver partout et dont les effets sont d'ailleurs excellents.

On remplit des bouteilles en zinc de forme conique

Fig. 7) et dont la contenance varie de 0,5 kg à 2,5 kg
sur l'un sommet d'une fusée spéciale. Cette fusée consiste
en un noyau de bois, sur lequel est pratiquée une rainure

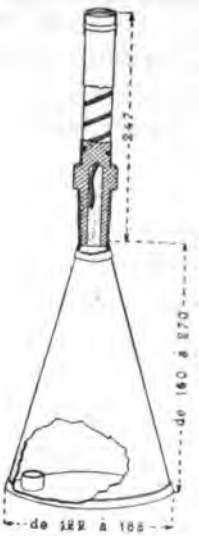


Fig. 7. — Bouteille à poudre. Vue perspective
les grossissements montrent l'orifice de chargement, que l'on bo
disposition de la fusée.

en hélice qui renferme un bout de bickford i
de 1 minute de durée de combustion, rec
chemise en papier; le tout est verni à la go

Le bout inférieur de ce bickford débouche d
nal rempli de poudre; le bout supérieur, dans
renfermant du pulvérin et recouvert d'une ro
par une bande de papier.

La fusée est fixée sur le goulot de la bouteill
d'un joint en caoutchouc et d'un sertissage.

Afin que l'effet de la charge soit le meilleur
il faut que la glace soit simplement brisée par
ment, sans projections en l'air.

Pour déterminer la profondeur d'immersion

cure ce résultat, on opère par tâtonnement [1]. Cela fait, on fixe sur la perche P une traverse T en bois de 1,50 m de longueur au moyen de clous ou d'une ligature; cette traverse reposant sur la glace et le trou ayant des dimensions uniformes, la charge B reprendra toujours la même position par rapport à la glace, pourvu, toutefois, que celle-ci ait une épaisseur uniforme (fig. 8).

On abrège les tâtonnements en adoptant les charges :

	0,5	1	1,5 kg
pour les profondeurs :	0,5 à 1	1 à 1,5	1,5 à 2 m.

Toutefois, pour des glaces molles, on doit souvent porter les charges jusqu'à 2,5 kg. Mais les bouteilles de 0,5 kg, convenablement employées, suffisent très bien pour des épaisseurs de 25 cm à 36 cm.

Manœuvre. — La manœuvre a lieu de la manière suivante (fig. 8) :

Chaque brigade comprend 3 hommes sous la conduite d'un caporal (*Unteroffizier*).

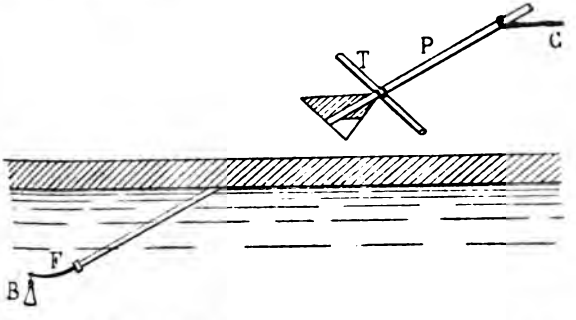


Fig. 8. — Mode d'emploi de la perche d'explosion. Vue perspective.

1. Lorsque la profondeur d'eau est trop faible, il parait possible d'atténuer l'effet brisant de la poudre en y ajoutant jusqu'à égal volume de sciure de bois. Des expériences faites à Custrin, en 1881, semblent confirmer cette manière de voir. (*Arch. für Art.- u. Ing.-Offiz.*)

La perche étant posée sur la glace, à portée du trou où l'on doit introduire la charge, le n° 1 attache la bouteille, décoiffe la fusée et s'éloigne. Le n° 2 saisit la perche par le petit bout, sans déranger la charge. Le n° 3 allume la fusée au commandement de « *feu* » du caporal, puis s'éloigne lui aussi dès qu'il voit que le bickford brûle. Alors, au commandement « *enfoncez* » du caporal, le n° 2 manœuvre la perche et pousse la charge sous la glace. Quand le caporal voit la charge placée au point convenable, il commande « *lâchez* ». Le n° 3 se porte en arrière et ne retient plus la perche qu'à l'aide d'une corde C attachée au petit bout de celle-ci.

Après l'explosion, cet homme retire la perche de l'eau.

Emploi d'une barque ou d'une nacelle. — Lorsque la glace n'est pas assez résistante pour porter des hommes sans danger, on opère autrement.

On commence par briser la glace sur une surface suffisante pour admettre une barque ; à cet effet, on part de la rive et l'on pousse les débris sous la couche voisine. De cette barque, la brigade agrandit la brèche de manière à admettre une seconde, montée par quatre hommes, deux qui la conduisent et deux qui sont pourvus de leviers et de haches. Sur cette barque on place les munitions et une réserve de perches d'explosion nécessaires à la première brigade.

Le concours de ces deux barques accélère le travail et permet de porter facilement secours en cas d'accident.

Lorsqu'on se sert d'une barque pour placer les charges à l'endroit convenable, on pratique sur le bordage, à l'avant, des entailles.

La brigade qui monte la barque a un effectif proportionné à la grandeur de celle-ci, mais réduit au minimum. Pour bien faire, elle doit comprendre :

Un caporal qui se tient à l'avant.	1
Une équipe de trois pétardeurs; les nos 2 et 3 se tiennent au milieu.	3
Un ou deux hommes, de préférence pionniers ou bateliers pour conduire la barque; ils sont à l'arrière.	1 ou 2
Un ou deux hommes pour pousser les glaçons ou pour les détacher complètement	1 ou 2
Total . . .	6 à 8

Si la barque est trop petite, on réduit un peu ce personnel en supprimant, soit un pétardeur, soit un ou deux auxiliaires, et en halant la barque avec des lignes manœuvrées de la rive ou d'un pont.

La mise en place des charges se fait comme précédemment, avec les modifications ci-après :

On supprime la traverse et on indique par un bout de ficelle le point jusqu'où l'on doit enfoncer la perche sous la glace; ce point est, en général, à au moins 2,5 m du bouton d'attache.

Si le courant est assez rapide, deux hommes deviennent nécessaires pour manœuvrer la perche, que l'on doit alors tenir dans le sens du courant.

Lorsque la perche est poussée à sa place, on entortille la commande autour d'un crochet en fer fixé sur le bordage de la barque que l'on maintient immobile contre l'action du courant, de manière à empêcher le déplacement de la charge.

Matériel de circonstance. — A défaut de ce matériel, qui est réglementaire et approvisionné à l'avance[1], on peut se servir de récipients quelconques, pourvu qu'ils soient étanches et susceptibles d'être fermés facilement : par

1. Dans les places ou dans les dépôts d'artillerie.

exemple, des bouteilles en grès, en verre résistant (bouteilles à champagne, qui contiennent 750 gr de poudre), des bidons en fer-blanc, etc., que l'on ferme avec un bou bouchon de liège préalablement trempé dans de l'eau chaude.

La transmission du feu se fait au moyen d'un bickford, d'une minute de durée de combustion, que l'on fait passer, soit par un trou creusé au travers du bouchon, soit par une rainure pratiquée sur le côté. On lute le joint avec du mastic de vitrier, ou du goudron employé à basse température pour ne pas attaquer la gutta-percha qui enveloppe le cordeau.

A basse température, cette dernière devient cassante. Pour éviter la formation de fissures, on fixe le cordeau à un fil de fer attaché au goulot.

Fulmi-coton. Le fulmi-coton paraffiné, qui constitue l'explosif de campagne des pionniers prussiens, n'est employé qu'exceptionnellement au cassage des glaces. Il est en effet plus coûteux que la poudre, il exerce une action trop locale, et les fissures qu'il détermine dans la glace n'en diminuent pas sensiblement la force portante.

Si l'on est obligé d'avoir recours au fulmi-coton ordinaire, on peut le renfermer dans des vases simplement étanches, mais sans résistance notable : boîtes en fer-blanc non soudées, sacs en toile imperméable, vessies de bœuf, etc.

Les pétards au fulmi-coton s'emploient sans préparation; il suffit de rendre étanche la liaison du bickford avec la capsule.

Personnel nécessaire. — Pour des ruptures de glaces un peu importantes, le personnel comprend :

1 officier du génie ou de pionniers ;

1 détachement de travailleurs, constitué généralement par un bataillon de pionniers ;

1 caporal et quelques pionniers pour la mise en œuvre des explosifs;

Quelques bateliers connaissant bien le cours d'eau;

Un détachement d'ouvriers civils pour pratiquer les rainures et les trous, pour pousser les glaçons à la dérive, et pour aider l'équipe chargée du maniement des explosifs.

§ 6. — Amoncellements de glaces.

Mode de formation. — Un amoncellement de glaces se produit généralement de la manière suivante :

Un premier obstacle, branches d'arbres, glaces superficielles, etc., arrête les glaçons venant d'amont; ils passent par-dessous, en épaisseur croissante, jusqu'à ce qu'ils viennent à être arrêtés par un haut-fond, un rétrécissement ou toute autre irrégularité du lit. A partir de ce moment, l'obstruction a pour effet d'augmenter la longueur de l'embâcle, qui s'allonge en amont par l'addition de nouveaux glaçons; mais, en même temps, le niveau de l'eau s'élève, en soulevant ces mêmes glaçons, de sorte que le relief du glacier augmente de l'aval vers l'amont (fig. 9).

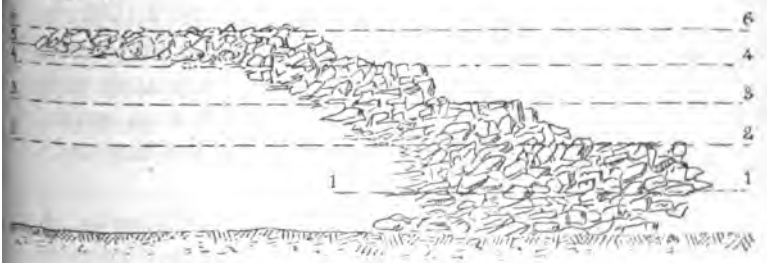


Fig. 9. — Mode de formation d'un amoncellement par étages successifs

Lorsque l'amoncellement s'est formé, il est toujours fort difficile et parfois même impossible de venir à bout de ces embâcles au moyen d'explosions. L'attaque par

1. Rapport de M. Pasqueau (*Ann. des p. et ch.*, 1880, II, 368.

l'amont est impraticable en raison de l'arrivée continuelle des glaçons; par l'aval, elle est fort périlleuse, car les masses de glaces peuvent se mettre en mouvement et écraser les barques. Il faut donc opérer avec prudence et se ménager un chenal toujours libre, par lequel les barques puissent fuir le danger.

Mode d'attaque. — La plus grande accumulation des glaces est donc à l'aval, et c'est là que doivent se porter les efforts. Dès que l'on a donné une issue à l'eau, celle-ci s'écoule et le niveau s'abaisse. En même temps, les glaçons qui forment une couche plus épaisse près des rives qu'au milieu s'abaissent et s'échouent en prolongeant le chenal en amont.

Pour cela, il faut dégager avec des bateaux les glaces mal soudées de la queue d'aval, pétarder les nappes locales ou les massifs minces et attaquer par de fortes charges, de 1 kg à 5 kg, les barres de fond.

Quelquefois les choses se passent d'une manière différente, et l'eau étant gelée tout entière ou chassée dans une nouvelle direction, il se produit un amas compact de glace qui mérite le nom de *banquise*.

Tel est le cas qui advint à Saumur, en 1879-1880: le bras principal commença par s'embarrasser et fut complètement abandonné par le courant qui se porta alors dans le bras de gauche. Le bras droit se trouva ainsi envahi par les glaces sur une longueur de 3 km, une largeur de 200 m et une épaisseur de 4 m.

On introduit alors des charges dans les cavités de l'amas, que l'on explore préalablement à l'aide d'une perche, ou dans les forages pratiqués à cet effet.

L'explosion produit des fissures par lesquelles l'eau pénètre et détache ainsi des masses souvent fort considérables.

Explosif à employer. — Ce qui caractérise le cas actuel, c'est la prédominance de la glace par rapport à l'eau li-

quide, tout au moins au point considéré. Dès lors, la charge nécessaire pour rompre la glace sur une étendue convenable ne peut plus être enfoncée sous l'eau à une profondeur suffisante, et doit plutôt agir comme un fourneau de mine dans un milieu solide. Le meilleur moyen de le briser consiste à y introduire des charges de poudre ou de dynamite. Dans ce cas, le bourrage est toujours fort incomplet ; aussi la poudre ordinaire, si elle est employée, doit l'être en quantité considérable, jusqu'à 50 kg., pour produire quelque effet. Elle exige des chambres spacieuses et, en outre, des récipients étanches qu'il n'est pas toujours facile de se procurer. Enfin, ces charges très lourdes sont difficiles à transporter et à mettre en place sur la glace dont la surface est fort tourmentée. Bref, dans ce cas il est plus avantageux de recourir aux explosifs brisants, malgré leur prix notablement plus élevé que celui de la poudre noire.

Calcul des charges. — Bien que l'influence de l'eau liquide disparaisse ici dans la détermination des charges, et que l'on se trouve ramené à peu près au cas habituel des fourneaux de mine, on sent tout ce qu'il y a d'incertitude dans le choix du coefficient d'un milieu de consistance aussi variable.

Si l'on opère par fourneaux ordinaires dans une banquise, de manière à former une ligne d'entonnoirs jointifs, on peut essayer la formule $C = gh^3$, où, C étant exprimé en kilogrammes et h en mètres, g est égal à 1 pour la poudre et à 0,5 pour la dynamite.

Cette formule suppose que le bourrage est exécuté dans de bonnes conditions.

Lorsqu'au contraire il s'agit du cas d'un barrage d'épaisseur faible relativement à sa longueur, comme dans le cas de la figure 9, il doit suffire de produire un camouflet maximum pour assurer la rupture du barrage et l'écoulement de l'eau retenue.

Lorsque les masses de glace sont très élevées ou qu'elles occupent toute l'étendue du lit, on peut employer avantageusement des charges multiples que l'on fait détoner simultanément. On peut encore creuser de petits puits dans lesquels on introduit de fortes charges et que l'on bourre rapidement avec des pièces de bois et des glaçons.

Rupture des glaces par le tir du canon.

De tous les procédés de rupture des glaçes, le plus original assurément est celui qui a été employé en janvier 1880, au confluent de la Loire et de l'Indre, près de Port-Boulet[1].

Il s'agissait de dégager deux bras de 150 à 200 m de largeur, pris sur une longueur de 500 à 600 m.

La couche de glace, dont l'épaisseur très considérable n'est pas précisée, comprenait une nappe supérieure unie et compacte au-dessous de laquelle s'étendait une masse de glaçons arc-boutés les uns contre les autres.

Le dégel avait amolli toute cette masse, de sorte qu'elle était devenue assez rebelle à l'action des explosifs brisants. Des charges de 300 gr de dynamite, enfoncées entre glace et eau, y produisirent des entonnoirs de 0,80 m à 1 m de diamètre, sans fissures rayonnantes.

En présence de cet état de choses, l'artillerie eut recours au canon.

Un premier tir fut exécuté à charges réduites, sous des angles d'au moins 28° et à la distance moyenne de 1 600 m, avec un canon de 12^{cm} et un de 95^{mm}. Ce tir ne donna que de mauvais résultats, en raison de la difficulté d'enflammer les charges, de l'irrégularité de fonctionnement des fusées, sous des vitesses trop faibles, et enfin du manque de justesse.

On se résigna alors à employer le tir de plein fouet, à une distance de 2 000 m environ (angle de chute 5° à 6°),

1. *Revue d'artillerie*, t. XVII, p. 201.

et en prenant les mesures nécessaires pour la sécurité des localités environnantes.

Le tir dura 2 heures. Le glacier reçut 80 obus sur une zone de 200 m de longueur et de 20 m à 40 m de largeur. Chaque coup produisait par son explosion un trou oblong d'environ 0,40 m de largeur sur 0,80 de longueur, prolongé, dans le sens du mouvement de l'obus, par 3 à 5 fissures de 6 m à 8 m de développement, couvrant une surface de 80 m² à 100 m².

On a complété cet effet au moyen d'une vingtaine de kg de dynamite, employée par charges de 1 kg à 2 kg dans la région que le canon n'avait pas atteinte. La débâcle s'est produite la nuit suivante dans le chenal ainsi attaqué.

Le poids des 80 obus s'élevait à 952 kg, dont 920 kg de fonte et 32 kg de poudre.

Le prix élevé des munitions d'artillerie rend ce procédé très coûteux et ne permet, par conséquent, d'y recourir que dans des cas tout à fait exceptionnels, lorsque, par exemple, l'embâcle sera difficilement accessible.

§ 7. — Dégagement des ponts.

Dans la saison des glaces, les ponts méritent une attention toute particulière, d'autant plus que leurs travées sont moins larges.

D'une part, en effet, les supports intermédiaires gênent l'écoulement des glaçons qui s'y arrêtent et s'amoncellent à de grandes hauteurs[1]. Il en résulte par suite un danger général : pour l'amont, qui se trouve submergé; pour le pont, qui sera emporté quand sa résistance deviendra inférieure à la poussée développée sur le barrage anormal

1. Les pilots d'une même palée forment autant d'obstacles successifs à l'écoulement des glaçons; aussi a-t-on soin, dans divers pays, de moiser les pilots par deux cours de madriers qui font disparaître les saillies dues aux pilots.

dont il est le support; et, enfin, pour l'aval, qui sera dévasté par la débacle consécutive.

D'autre part, aux glaçons charriés par la rivière viennent souvent se joindre des débris de toutes sortes, bateaux à la dérive, pièces de bois flottantes, etc., qui rendent le danger encore plus grand.

L'ingénieur peut donc avoir deux problèmes à résoudre :

1° Assurer un passage libre au travers du pont, pour prévenir la formation d'un barrage;

2° Détruire ce barrage, s'il a eu le temps de se former.

Prévenir le barrage. — Lorsqu'on craint qu'un pont ne détermine la formation d'un barrage, on pratique, immédiatement en aval, un chenal ou une trouée dans la glace, de manière à dégager les piles, de préférence celles qui se trouvent dans le thalweg. En outre, on casse la glace qui se trouve entre les piles et les brise-glaces, que l'on utilise d'ailleurs pour garantir les barques contre le choc des glaçons.

Lorsqu'il importe de dégager rapidement un pont, on peut, pour gagner du temps, et pourvu que le courant soit assez fort, opérer comme il a été indiqué aux *Remarques* du § 1, c'est-à-dire pratiquer en aval du pont une rainure transversale; on ouvre le chenal à partir de ce point en remontant vers l'amont et l'on fait passer les glaçons au-dessous de la couche conservée.

De cette manière, si la débâcle survenait avant que le chenal ne fût achevé en aval, elle prendrait appui contre la couche de glace conservée, et non plus sur le pont, qui serait ainsi beaucoup moins exposé.

Si l'on a affaire à de petits ponts, il convient de les dégager sur presque toute leur longueur; dans tous les cas, il faut, avant de commencer le cassage à l'aide d'explosions, décoller la glace qui adhère aux piles et aux brise-glaces, de manière à éviter que les ébranlements ne se

transmettent à ces parties du pont et n'en compromettent la solidité.

Ici, comme ailleurs, il s'agit de creuser, à coups de pétards, dans la glace à enlever, un canal de largeur convenable, en se dirigeant vers l'amont ; à cet effet, on opère comme il a été indiqué plus haut. Mais il arrive souvent qu'entre les piles la glace forme des couches superposées, provenant des variations du niveau ou de l'amoncellement des glaçons. Dans ce cas, il faut toujours placer la charge au-dessous de la couche inférieure et, à cet effet, donner à la perche une plus forte inclinaison ; il résulte de là un plus grand enfoncement pour la charge, qui doit être de 1 ou 1,5 kg.

Lorsqu'on attaque un embâcle formé contre un pont, on emploie deux barques montées par un personnel exercé, et on a soin de dégager préalablement la pile la plus voisine de la rive, de manière à avoir une retraite libre dans le cas où la débâcle surviendrait tout d'un coup.

Rupture du barrage. — Si la glace est arrêtée contre le brise-glaces, en laissant la palée libre, on s'introduit dans l'intervalle pour placer des charges sous la glace, en se tenant toujours sur ses gardes et prêt à regagner la rive. On peut aussi quelquefois placer les charges en se tenant sur le pont.

Il est toujours bon, dans ce travail, de s'aider de gaffes à glace pour faire flotter les glaçons devenus libres et pour compléter l'action insuffisante des charges.

Enlèvement des bois. — Le barrage est formé non seulement par des glaçons, mais souvent encore par des pièces de bois à la dérive. Ces pièces de bois rendent le dégagement du pont beaucoup plus pénible. Le moyen le plus efficace consiste à les couper à la dynamite.

Après avoir préalablement enlevé, par le tirage à l'aide

de câbles, tout ce qu'il est possible, un ouvrier exercé (charpentier ou couvreur) descend du pont sur une échelle de corde ; il perce avec une tarière un ou plusieurs trous dans la pièce, introduit la charge, y met le feu et remonte rapidement. La pièce est coupée et en outre l'ébranlement produit provoque le départ des glaces et des pièces de bois de faible longueur.

On commence par les pièces en aval qui supportent l'enchevêtrement, et on les coupe par le milieu[1].

Rupture des glaçons isolés. — Pour briser des glaçons isolés, dont les grandes dimensions ne permettent pas le passage en aval, on procède de diverses manières.

Par exemple, à Neisse, en 1830, on put, avec des charges de 1 livre de poudre amenée immédiatement au-dessous de glaçons de 60 cm d'épaisseur et de 3 m² de surface, les fendre en morceaux[2].

A Saumur, en 1880, l'on a opéré par charges de dynamite de 50 ou de 100 gr amorcées avec un détonateur et un bickford de 25 à 30 cm de longueur, qu'après allumage on lançait à l'endroit voulu.

L'autre, plus économique, est le suivant:

On suspend une charge de 100 gr de dynamite à l'extrémité d'une perche de 5 à 6 m de longueur, qu'un homme, monté à l'avant d'un bateau, pousse sous le glaçon à 2 m en avant et à 1 m de profondeur, après qu'un aide a mis le feu au bickford. Le glaçon se soulève et se brise.

---

1. *Annales des ponts et chaussées*, 1880, II, 375.

2. Dans son voyage d'exploration au nord de l'Amérique, le navigateur anglais Mac-Clure eut plusieurs fois à se servir de la poudre pour se frayer un chemin à travers les glaces. C'est ainsi qu'avec 16 kg de poudre placée au centre d'un glaçon de 3,35 m d'épaisseur et 300 m de diamètre, il put fendre complètement ce bloc. (Saumade, *Manuel du mineur*.)

CHAPITRE III.

CASSAGE DES GLACES DANS LES EAUX DORMANTES.

Le cassage des glaces dans les eaux dormantes comporte des procédés un peu différents de ceux qui ont fait l'objet du chapitre II. En effet, l'absence de courant entraîne l'obligation d'enlever les glaçons une fois divisés, et cette opération ne peut plus se faire que par l'emploi d'une force convenable.

D'un autre côté, l'on n'a plus à craindre, en ce cas, les amoncellements de glaces, si redoutables sur les cours d'eau, et, par suite, les épaisseurs auxquelles on a affaire sont modérées et sensiblement uniformes; la surface de la glace est d'ailleurs assez régulière, de sorte que l'on peut recourir à des moyens mécaniques.

Ce problème se présente lorsqu'il s'agit de rétablir, soit dans un fossé d'ouvrage de fortification, soit dans une inondation défensive, l'obstacle matériel supprimé par le fait de la congélation de l'eau [1].

§ 1. — Cassage des glaces dans les fossés des places.

Pour rétablir, dans un fossé de fortification plein d'eau, l'obstacle défensif lorsqu'il a disparu par suite de la congélation, on creuse une cunette d'au moins 4 m de largeur dans la couche de glace.

C'est ce qui a été fait, par exemple, pendant la défense de Dantzig par l'armée française, en 1813. On eut à casser les glaces sur les fossés de la place et sur la Vistule. Les

1. Nous n'avons pas à nous occuper ici des procédés de division de la glace destinée aux usages domestiques, procédés qui, en certains pays, sont appliqués sur une grande échelle. Le lecteur pourra consulter à ce sujet le *Dictionnaire des arts et manufactures*, de Laboulaye, article *Glace*.

journaux de défense ne donnent pas de détails sur le mode d'exécution appliqué en cette circonstance.

L'*Aide-mémoire* de Laisné (4e édition, 1861) conseille à cet effet l'emploi d'un chapelet de bombes de 22 cm à 27 cm, espacées de 6 m et descendues immédiatement au-dessous de la glace ; l'explosion simultanée donnerait une coupure de 5 m de largeur ; malheureusement l'auteur n'indique pas l'épaisseur de la couche à laquelle se rapporte ce résultat. D'ailleurs ce procédé entraînerait une grande consommation de munitions et donnerait lieu à des projections dangereuses.

En Prusse, le cassage des glaces dans les fossés des places est réglementé par une instruction spéciale [1] dont nous allons donner l'analyse.

On commence par former, à travers toute l'épaisseur de cette couche deux rainures, distantes de 10 m, puis on casse la bande de glace ainsi délimitée et on en pousse les morceaux sur les côtés.

Creuser les rainures. — On creuse les rainures au moyen de la hache à glace ou de la charrue à glace.

Avec la hache à glace on ouvre une rainure qui, pour une épaisseur de 30 cm, a en général une largeur minimum de 30 cm en haut et de 15 cm en bas.

Si la gelée est faible, et s'il n'existe pas une couche de glace de fond, on peut abaisser à 8 cm la largeur de la rainure à la partie inférieure ; dans le cas contraire, on doit aller jusqu'à 60 cm.

Le maniement de la hache est fort simple et peut être confié à des hommes peu expérimentés.

Toutefois, si on dispose de pêcheurs ou de charpentiers, ils travaillent par deux, l'un à droite, l'autre à gauche de la rainure, et alors l'avancement est bien plus considérable.

---

1. *Instruktion zur Herstellung bezw. Offenhaltung eisfreier Künetten in Festungsgräben.* Berlin, 1886.

On compte en moyenne, par homme et par mètre courant : pour une épaisseur de 15 cm, 4 minutes ;
pour une épaisseur de 25 cm, 6 minutes ;
pour une épaisseur de 40 cm, 10 minutes.

Avec la charrue à glace. — La charrue à glace (*Eispflug*) n'est autre qu'un traîneau pourvu d'un coutre, d'une curette et d'un chasse-glace (fig. 10).

Le coutre porte une lame aciérée C', en forme de cuiller,

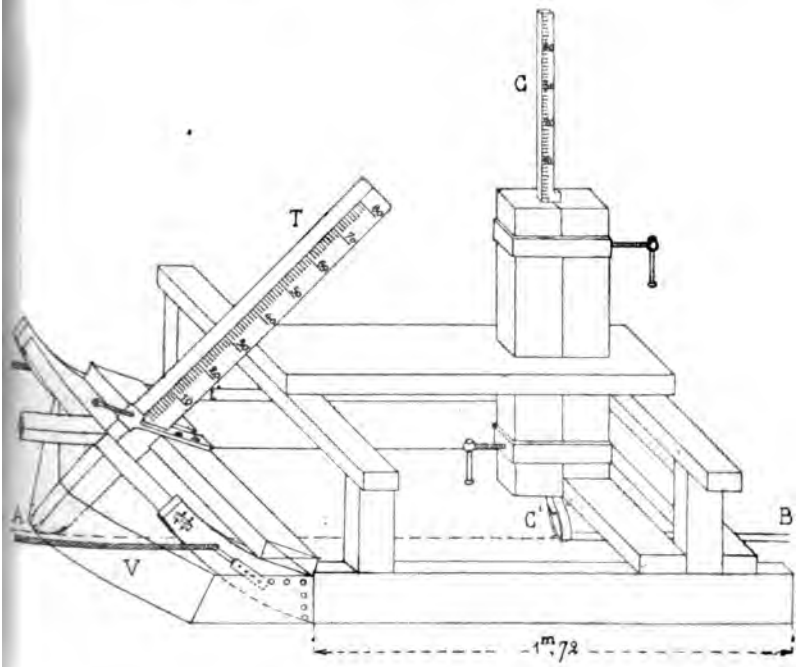


Fig. 10.— Charrue à glace. Vue perspective.

assemblée au bout d'une tige C qui peut monter ou descendre dans une gaine verticale en bois. Au moyen d'un double collier de serrage, on peut donner à cette lame, sur le plan de la face inférieure du traîneau, une saillie

plus ou moins grande que l'on mesure au moyen d'une graduation en centimètres.

La curette T est une pièce de chêne dont l'extrémité inférieure est taillée suivant le profil du tranchant du coutre et que l'on maintient, à l'aide d'un collier de serrage, dans une inclinaison de 45°, avec une saillie mesurée par une graduation correspondant à celle du coutre.

Dans cette position, la curette presse contre le saillant du chasse-glace V, qui est une bande de tôle fixée à la partie antérieure du traîneau.

On commence par jalonner et par tracer la direction AB de la rainure. Cela fait, on donne au tranchant du coutre une saillie de 4 cm à 5 cm sur le plan inférieur de la charrue, sur laquelle on fait monter quelques hommes pour la rendre plus lourde : puis on y attelle d'autres hommes ou des chevaux au moyen de traits.

En la faisant repasser, après avoir donné du relief à la curette et au coutre, on approfondit la rainure, et ainsi de suite.

Il est avantageux de faire avancer à la file 3 charrues dont chacune creuse plus profondément que la précédente, en nettoyant la rainure des débris de glace qui l'encombrent. On évite ainsi l'obligation de modifier constamment le réglage des coutres.

En supposant que la largeur inférieure de la rainure soit de 8 cm seulement, la charrue étant chargée de 2 hommes et tirée par 12 autres, l'expérience donne par homme un avancement de 1 m en 6 minutes pour une épaisseur de 15 cm à 25 cm, et en 10 minutes pour une épaisseur de 40 cm.

On obtient les mêmes résultats en chargeant la charrue avec 4 hommes et la faisant tirer par 2 chevaux.

L'emploi de la charrue n'est possible que par une température douce et une glace à surface unie, de 15 cm au moins d'épaisseur ; mais alors, si l'on a à en faire un usage continuel, elle mérite la préférence sur la hache à glace.

Emploi de scies. — On a essayé à diverses reprises de remplacer la hache ou la charrue par une scie chargée d'un poids à l'extrémité inférieure ; mais les résultats ont été reconnus insuffisants.

Le trait de scie est trop étroit (6 mm environ) pour empêcher que les glaçons ne se ressoudent de suite par l'effet de la gelée, et ceux-ci n'ont pas le jeu nécessaire pour permettre de les briser. Enfin, lorsque la profondeur est faible, la course de la scie est par trop limitée.

Rejeter la glace sur les côtés. — Une fois qu'on a délimité la cunette à creuser dans la glace, on la brise en morceaux que l'on ramène en dehors de cette cunette, en dessous ou en dessus de la glace qui la borde.

A cet effet, on creuse une nouvelle rainure longitudinale, à égale distance des deux premières, et l'on divise chacune des bandes de 5 m ainsi obtenues en tronçons de 3 m de longueur, en se servant de la hache à glace.

Cela fait, pour enfoncer ces glaçons au-dessous des glaces en bordure, on engage deux crochets (fig. 11) et,

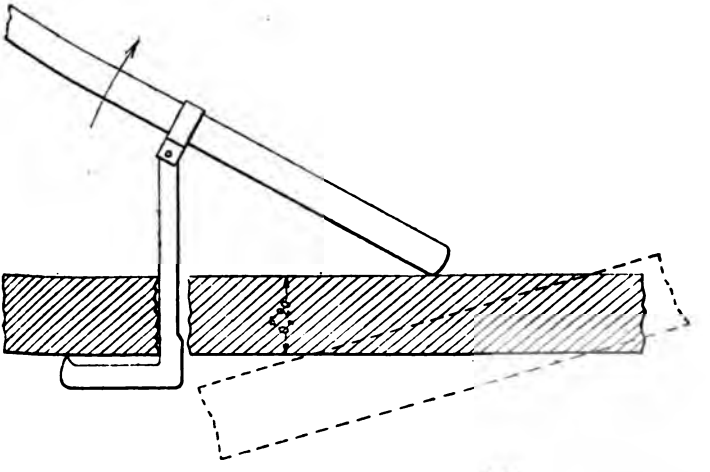


Fig. 11. — Emploi des crochets à glace $\left(\frac{1}{20}\right)$.

au moyen des leviers, 4 hommes font effort simultanément, de manière à abaisser la face supérieure des glaçons mobiles au-dessous de la face supérieure des glaçons fixes. Pendant ce temps, on tire horizontalement ce glaçon au moyen de deux gaffes (fig. 12) manœuvrées par

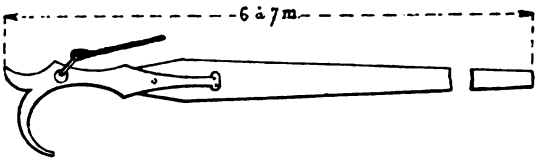


Fig. 12. — Gaffe à glace.

12 hommes (2 à chaque hampe et 4 aux commandes fixées aux anneaux).

Pour que la manœuvre réussisse, il faut que les glaces en bordure soient bien dégagées en dessous sur une largeur de 5 m.

On compte, pour toute cette opération, y compris la taille des rainures latérales et médianes, 2 m de cunette par homme et par heure.

Au lieu de faire glisser les glaçons en dessous des glaces de bordure, on peut les amener par-dessus, en se servant des gaffes de tirage et de plans inclinés formés de forts madriers. Mais ce travail est bien plus difficile et plus long que le précédent ; en supposant la glace préalablement brisée en petits morceaux, il faut compter par homme et par heure 0,40 m de cunette.

On ne doit donc employer ce procédé que lorsque le précédent sera inadmissible, parce que la glace ne sera pas suffisamment dégagée en dessous.

Emploi des explosifs. — On ne peut pratiquement faire passer sous les glaces de bordure que les glaçons de forme régulière, ce qui exclut l'emploi d'explosifs pour cette application. On ne pourrait y recourir que si les fossés

étaient en communication avec un bassin assez spacieux pour recevoir les glaçons extraits de la cunette, ou encore si la marée avait accès dans les fossés. Alors on opérerait comme au chapitre II.

Maintenir une cunette constamment dégagée. — Pour empêcher la glace de se former sur l'eau dans un fossé de place, il faut recourir à une agitation mécanique de la surface de l'eau. On y est arrivé par insufflation d'un fort courant d'air, dans certains cas, lorsque la gelée n'était pas trop forte.

On a employé avec succès à Copenhague, en 1829, une machine qui animait d'un mouvement de va-et-vient un câble sans fin, supporté par des rouleaux, et auquel étaient fixées transversalement de longues voliges.

Par un froid de — 11°,5, on a pu empêcher la congélation d'un fossé ; mais il fallait compter par front 36 hommes relevés deux fois par jour.

Le moyen le plus simple de s'opposer à la congélation d'un fossé ou d'une cunette consiste à y faire aller et venir une barque revêtue de tôle de fer, que l'on hale : il faut pour cela que la circulation soit assurée de chaque côté de la cunette.

Jusqu'à l'épaisseur de 8 cm, des barques ordinaires sont suffisantes. Au-dessus de cette épaisseur, il faut recourir à la traction mécanique, au moyen d'un remorqueur ou d'une locomobile installée à l'extrémité d'une branche de fossé.

Ces divers procédés sont susceptibles d'être mis en œuvre même dans l'obscurité. Néanmoins il est en général plus avantageux de n'opérer que de jour, en brisant chaque matin les glaces formées pendant la nuit.

Si les glaçons sont volumineux, on les pousse sous la glace ou dessus ; lorsqu'ils sont au contraire très légers et fraîchement formés, on emploie un épervier à filet métallique (fig. 13). Son manche, long de 6,30 m, est ma-

nœuvré de dessus un ponton; les commandes sont actionnées par des hommes se tenant sur la glace.

La glace, déchargée sur le bord de la cuvette, est de suite rejetée sur les bords du fossé, de manière que la circulation reste toujours libre.

Par un froid de — 12°, on a pu maintenir libre une cunette de 508 m de long sur 9,40 m de large, en employant une équipe de 1 caporal et 8 hommes, travaillant par poses de 4.

Lorsque la température descend notablement au-dessous

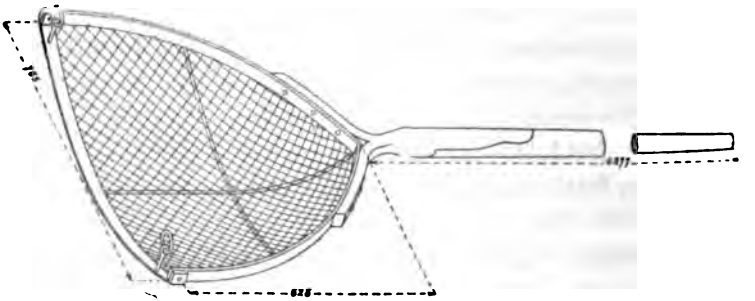


Fig. 13. — Épervier à glace. Vue perspective.

de — 10°, il est fort difficile de maintenir les fossés complètement libres de glaces.

Alors on peut tirer parti de celles-ci comme défenses accessoires. C'est ainsi que dans de pareilles circonstances, à Thorn, on a étalé à la pelle la neige en couche de 1 pouce sur les talus, et l'on a aspergé, au moyen de la pompe à incendie, jusqu'à 7 m en hauteur. Cette eau s'étant congelée, il était impossible, le lendemain, même à des matelots très exercés, de gravir ces talus.

De la neige, tombée par-dessus cette couche de glace, ne lui enleva pas son poli.

En même temps on lâcha l'eau des fossés ; les glaçons se déposèrent sur les talus et créèrent un nouvel obstacle.

Les choses purent rester en cet état jusqu'au dégel ; alors on fit rentrer l'eau dans les fossés.

§ 2. — Cassage des glaces sur les inondations défensives.

Les travaux d'investissement des places peuvent comporter des ruptures de glaces, lorsque, par exemple, un bassin d'inondation vient à se congeler. Pour lui conserver une valeur défensive contre les retours offensifs de la garnison, il faut y pratiquer une cunette d'au moins 4 m de largeur, et la tenir constamment dégagée.

Les glaçons qu'on en retire sont, suivant les cas, poussés dans un bassin ou mieux utilisés pour former, sur la rive opposée à l'adversaire, un parapet défensif.

C'est ainsi qu'en décembre 1870, la gelée vint enlever toute sa valeur à l'inondation tendue par les Allemands au nord de Paris, sur la Morée et le Crould[1].

Pendant le mois de décembre 1870, la température descendit à — 8° et même à — 12°, et l'on dut se borner à maintenir une cunette de 4 m à 6 m de largeur.

Pour chacun des 5 bassins d'inondation, on employa 1 ou 2 pontons ou demi-pontons en tôle, des équipages de pont, que l'on fit aller et venir de manière à empêcher la formation de la glace. Plus tard, ces pontons furent remplacés par des bateaux en bois.

Le personnel employé s'élevait pour chaque bassin à 7 pionniers et 30 hommes d'infanterie, que l'on relevait deux fois par jour. Total : 70 pionniers, 300 hommes d'infanterie.

Ce procédé ne suffit pas pour empêcher la formation de la glace. Les pontons en fer furent vite détériorés et les bateaux en bois mis en pièces par les glaçons. On ne les employa que d'une manière accessoire.

---

1. Heydo und Frœse, *Die Belagerung von Paris*.

[illegible] pour couper à la hache les glaçons le [illegible] les casser et les ramener sur les bords [illegible] radeaux en bois ; on les y entassait, de ma[illegible] [illegible] obstacle.

[illegible] aussi de repousser les glaçons sous la couche [illegible], mais sans succès ; ils remontaient bientôt et se [illegible] de nouveau en bouchant la cunette.

Du 11 au 23 décembre, l'insuffisance des effectifs obligea d'interrompre ce travail et la cunette se recouvrit bientôt de 15 cm de glace. Après le 23, on le reprit, en employant la poudre, par charges de 1/2 kg, dans des bouteilles ordinaires, bien bouchées et amorcées au bickford. On les poussait sous la glace. On relevait 4 fois par jour (tous les 24 heures) les travailleurs qui comprenaient en tout 40 officiers et 860 hommes d'infanterie.

Après le 6 janvier, la 4e compagnie du 12e corps se servit avec succès de petits radeaux en bois.

CONCLUSION.

Si nous cherchons à résumer cette étude en quelques [illegible] généraux, nous dirons que l'on doit :

[illegible] tout à ouvrir un chenal qu'on élargit [illegible] est nécessaire et si on en a le temps.

[illegible] circule sous les glaces, et que celles-ci [illegible] d'une quinzaine de centimètres au plus, [illegible] à la hache ou au moyen de bateaux.

Si [illegible] épaisseur devient plus forte, sans cependant dépasser [illegible] 1 m, recourir aux explosifs sous la [illegible] immergées.

[illegible] ébranlements, opérer par charges brisantes [illegible] de forages ou de puits.

[illegible] le travail de manière que l'eau entraîne [illegible], et si cela est nécessaire, les enlever [illegible].

L. Bertrand,
Capitaine du génie.

NOTES

SUR L'ORGANISATION DU GÉNIE

EN SUISSE

La Suisse a résolu le problème d'avoir une armée de milices suffisamment forte pour le but qu'elle doit remplir, en ayant seulement un cadre permanent qui est le cadre des instructeurs[1]. Ce cadre sert d'auxiliaire aux *chefs d'armes* pendant les différentes périodes d'instruction que font les troupes, périodes qui se décomposent ainsi :

1° Écoles de recrues (durée moyenne : 50 jours);

2° Cours de répétition pour l'*Élite* (durée : 16 jours); les hommes y sont, tous les deux ans, appelés dans les unités dont il font partie;

3° Cours de répétition pour la *Landwehr*; les hommes y sont appelés tous les quatre ans.

Voilà pour l'homme de troupe ; mais, ce qui est juste suffisant pour lui, ne l'est plus pour le sous-officier et l'officier; aussi celui-ci, par exemple, doit-il faire une école de *Gefreite* ou appointés (58 jours), puis suivre le cours d'aspirants-officiers (dans le génie, 9 semaines). Enfin, il est de règle que tout officier, promu dans un grade, va en remplir les fonctions dans une école de recrues ; en outre, beaucoup d'officiers sont appelés à suivre le cours

1. Les officiers instructeurs doivent être considérés à deux points de vue : ils sont officiers de l'armée helvétique et, à ce titre, entrent dans l'unité à laquelle ils sont affectés, au moment d'une manœuvre d'ensemble ; ils sont instructeurs et, comme tels, sont les représentants du département militaire fédéral dans les Écoles de recrues, d'aspirants-officiers, etc.

des *Écoles centrales*, où ils perfectionnent leur instruction, et quelques-uns, ceux des Écoles d'état-major.

Ces généralités sur l'armée suisse rappelées, donnons quelques détails sur le corps du génie.

Le corps du génie suisse est chargé :

1° En temps de paix, de la construction des fortifications et du service cartographique ;

2° En temps de guerre, du même service que dans l'armée française ; et en plus de la construction des ponts militaires de toute espèce et de l'établissement des lignes télégraphiques.

A la tête du génie est le chef d'arme du génie[1] ; il a sous ses ordres :

1° Le corps des instructeurs du génie, chargés de l'instruction des troupes (8 bataillons d'élite, 8 de landwehr[2]). Il comprend :

1 instructeur en chef du grade de colonel ;
3 instructeurs de 1re classe ;
3 instructeurs de 2e classe ;

2° Les officiers du génie chargés d'un service spécial (fortifications ou cartes).

Nous diviserons notre étude relative à l'organisation du génie suisse en deux parties :

Personnel : officiers, troupes ;

Matériel : nous insisterons seulement sur les ponts.

---

1. C'est actuellement le colonel Lochmann ; il a fait ses études d'ingénieur en France, à l'École centrale des arts et manufactures.

2. Un décret d'avril 1890 a créé 4 compagnies d'artillerie de forteresse dans lesquelles sont compris des détachements de pionniers ; mais leur instruction est, jusqu'à nouvel ordre, confiée au corps de l'artillerie.

ÉTUDE DU PERSONNEL.

1° Recrutement et instruction des officiers.

Nous ne reviendrons pas sur ce qui a été déjà dit à ce sujet ; nous ajouterons seulement que les officiers du génie sont choisis parmi les jeunes gens ayant fait des études relatives à l'art de l'ingénieur ; et il n'en manque pas en Suisse, où l'industrie est très développée et où les écoles techniques donnent un très bon enseignement. (Le plus recherché est celui du Polytechnikum de Zurich, qui reçoit d'ailleurs un très grand nombre d'étrangers.)

Après avoir fait du service comme simples soldats, puis comme *Gefreite*, ils entrent dans une école d'aspirants.

Il semble, au premier abord, qu'il doive être très difficile de faire apprendre aux élèves, pendant les 9 semaines que dure cette école, toutes les connaissances nécessaires à l'officier du génie en campagne[1]. Mais il faut bien remarquer que ces élèves sortent du Polytechnikum, ou de l'École centrale de Paris, ou de toute autre école ; il n'y a

1. Les cours sont, en effet, extrêmement chargés : nous pouvons donner ici l'emploi du temps de deux journées quelconques d'une école d'aspirants faite à Zurich en 1889 :

Première journée.

De 6 heures 1/2 à 7 heures 1/2 : École du soldat.
De 8 heures à 9 heures : Cours sur les mines.
De 9 heures à 10 heures 1/4 : Cours de fortification.
De 10 heures 1/4 à 11 heures 1/2 : Cours de ponts.
De 2 heures à 3 heures 1/4 : Cours de ponts.
De 3 heures 1/4 à 4 heures 1/2 : Cours de fortification.
De 5 heures à 6 heures : Cours de mines.
De 6 heures à 7 heures : Équitation.

Deuxième journée.

De 6 heures 1/2 à 7 heures 1/2 : Cours de ponts.
De 8 heures à 10 heures 1/4 : Exercices pratiques de mise du feu.
De 10 heures 1/4 à 11 heures 1/2 : Cours de fortification.
De 1 heure 1/2 à 5 heures : Reconnaissance du point de passage de la Limmat par Masséna en 1799.
De 6 heures à 7 heures : Travail dans la salle de théorie.

des *Écoles* [illegible] les appli*cations à l'art* de la
et quelques-un[illegible] et étudiées *dans* ces écoles.

Ces généra[illegible] des écoles d'aspirants du
quelques détai[illegible]ion, la tactique, les mines,

Le corps du [illegible]erie, etc.

1° En temp[illegible]s : l'école du [illegible]
tions et du [illegible] canon, et mêm[illegible] *officier instru*[illegible]

2° En tem[illegible] par jour.
mée franç[illegible] par des examens [illegible]
litaires de [illegible] leur brevet de [illegible]
télégraphiq[illegible]gnie. (Une remar[illegible]

A la tête [illegible] les écoles d'aspira[illegible]
sous ses o[illegible]es de l'art de l'ingé[illegible]
[illegible] autant que possible [illegible]

1° Le co[illegible]. Ce n'est d'ailleurs pa[illegible]
truction d[illegible]
Il compren[illegible] d'aspirants sont comple[illegible]
1 instru[illegible] lieutenants doivent sui[illegible]
3 instr[illegible] de passer premiers lieute[illegible]
3 instr[illegible]

2° Les [illegible] du génie assignés aux états-[illegible]
(fortifica[illegible]nés pour les travaux techniques[illegible]
[illegible]nt leur instruction dans un cour[illegible]

Nous [illegible] part en outre aux écoles de l'état [illegible]
génie s[illegible]

Pers[illegible] les sages dans les différentes écoles al-
Mat[illegible] dans les écoles de recrues, les cours
[illegible] il a déjà été dit.

1. C'e[illegible]
nieur [illegible]
2. Un [illegible]
dans le[illegible]
instruc[illegible]

2° Troupes.

[illegible] affecté à une division de l'élite ou de la
[illegible]:
[illegible] du génie attachés à l'état-major de la
[illegible]
[illegible] techniques :

Tableau donnant la composition du bataillon en guerre.

DÉSIGNATION.	COMPAGNIE de sapeurs.	COMPAGNIE de pontonniers.	COMPAGNIE de pionniers.	ÉTAT-MAJOR.
Personnel.				
Capitaine	**1**	**1**	**1**	**1** major commandant.
Premier lieutenant	**1**	**1**	**1** t + **1** f	**1** capitaine adjoint.
Lieutenants	**2**	**2**	**1** t + **2** f	**1** quartier-maître.
Sergent-major	**1**	**1**	**1**	**2** médecins.
Fourrier	**1**	**1**	**1**	
Sergents	10	10	5 t + 6 f	
Gefreite [2]	10	10	5 t + 10 f	
Tambours	2	2	»	
Infirmier	1	1	»	
Brancardiers	2	2	»	
Soldats	122	92	19 p + 9 t + 41 f	1 armurier.
Totaux	151 + 2	119 + 4	97 + 6	2 ouvriers en fer.
				1 charron.
Matériel.				
Voitures d'outils	2	2	2	
Haquets	»	12	»	
Fourragères	»	3	»	
Forges	»	1	»	+ 1 pour le bataillon.
Voiture-station	»	»	1	
Chariots à fils	»	»	2	
Chariots à câbles	»	»	1	
Deux caissons	»	2	»	
Voitures à vivres (réquisition)	»	1	»	+ 1 pour le bataillon.
Voitures à bagages	»	»	»	+ 1 pour le bataillon.
Fourgon	»	»	»	
Total	30 voitures.			

Note 1. Les chiffres gras indiquent les officiers montés. — 1. La lettre *t*, des télégraphistes ; *p*, des pionniers ; *f*, des chemins de fer. — 2. Le *Gefreite* est analogue à notre premier sapeur ; il n'y a pas de caporaux.

1 compagnie de sapeurs ;
1 compagnie de pontonniers ;
1 compagnie de pionniers { télégraphistes ; ouvriers de chemins de fer ;

(En outre, une compagnie dite de *pionniers d'infanterie* et formée avec les 4 pionniers de chaque compagnie d'infanterie est commandée par des *officiers du génie.*)

Ces trois compagnies sont réunies en 1 bataillon commandé par un major qui a comme adjoints un capitaine et un quartier-maître.

Deux médecins sont attachés au bataillon, ainsi qu'un armurier, deux ouvriers en fer et un charron.

Le tableau de la page précédente indique la composition du bataillon.

Les troupes du génie sont donc spécialisées ; c'est une nécessité, étant donnée la courte durée de leur instruction. Cette spécialisation conduit d'ailleurs à une augmentation des troupes techniques.

But qu'a à remplir chacune de ces 3 compagnies : 1° *Compagnie de sapeurs.* — Son service comprend :

a) Les travaux des camps et des bivouacs ;

b) Les travaux relatifs aux voies de communication ;

c) Les ponts sans support intermédiaire ou à supports fixes ; la réparation des ponts détruits ;

d) Les travaux de fortification passagère et semi-permanente.

Les sapeurs sont exercés à la construction des puits et galeries de mines, à la confection des fascinages, mais pas aux autres travaux de sapes.

Il n'y a rien de particulier à dire sur ces travaux qui ressemblent tout à fait à ceux que nous faisons en France.

Les ponts de chevalets seront étudiés plus loin dans le chapitre spécial que nous consacrerons à l'étude des ponts militaires suisses.

2° *Compagnie de pontonniers.* — Elle est exercée à la construction des ponts d'ordonnance et des passerelles de circonstance.

Une compagnie peut lancer 52,8 m de pont (travées 6,60m); en réalité, elle a 105,6 m de supports et 52,8 m seulement de tablier. (*Voir plus loin.*)

Les écoles de pontonniers se font à Brugg sur l'Aar ; et à cause du courant très fort de la rivière, les recrues doivent certainement y acquérir une instruction très solide.

3° *Compagnie de pionniers.* — Elle comprend une section de télégraphistes et une section d'ouvriers de chemins de fer:

a) Les voitures de la 1re section contiennent le matériel nécessaire à la construction d'une ligne de 20 km avec 4 stations.

b) *Section des chemins de fer.* — Elle dispose de 2 voitures contenant des outils de chemins de fer et de 2 demi-caissons contenant des explosifs et le matériel nécessaire à la mise du feu ;

Les hommes faisant partie de cette section sont exercés à :

1° La construction et la réparation des voies ferrées ;

2° La construction et la réparation des ponts pour voies ferrées ;

3° La destruction de toutes les parties de la voie.

ÉTUDE DU MATÉRIEL DE PONTS.

I. — Ponts d'ordonnance.

Le matériel des ponts d'ordonnance comprend : les supports et la superstructure.

Supports. — Les supports sont de deux genres : bateaux ou chevalets Birago.

Les bateaux sont formés par la réunion du *ponton-corps* (fig. 1) et du ou des *pontons-becs* (fig. 2).

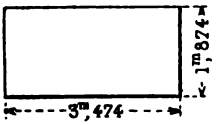


Fig 1.

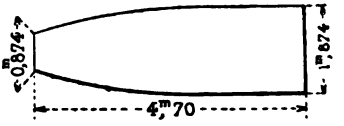


Fig. 2.

Les chevalets Birago se divisent en : chapeaux, pieds de 3, 4, 5, 6 mètres, semelles et chaînes de suspension.

Tablier. — Les poutrelles sont *à griffes ;* on distingue : les poutrelles proprement dites ; leur longueur est de 7,04 m, et la distance entre les entailles d'axe en axe de 6,60 m ;

Les demi-poutrelles $l = 4,24$ m ;

Les quarts de poutrelle $l = 2,15$ m.

Les *madriers* ont 3,27 m de long, 0,30 m de large et 0,04 m d'épaisseur ; les demi-madriers ont 3,27 m de long, 0,16 m de large et 0,04 d'épaisseur.

Ce matériel est porté sur des *haquets à poutrelles,* des *haquets à chevalets,* des *chariots de pontonniers* et une *forge.*

Répartition du matériel sur les voitures. — Deux haquets à poutrelles et un haquet à chevalets fournissent le matériel pour construire un pont de 13,20 m de longueur et forment l'*unité de pont.*

Le haquet à poutrelles porte : 1 ponton-bec, 1 ancre, 10 commandes de brêlage, 2 pieds de 6 m, 5 poutrelles, 2 quarts de poutrelle, 24 madriers, etc.

Le haquet à chevalets porte : 1 ponton-corps, 2 chapeaux, 4 pieds de 3 m, 4 pieds de 4 m, 2 pieds de 5 m, 4 semelles, 4 chaînes de suspension, 3 demi-poutrelles, etc.

Les 2 chariots de pontonniers portent l'un 1 ponton-

bec, l'autre un ponton-corps ; la forge porte une nacelle (fig. 3).

La compagnie de pontonniers a comme parc : 8 haquets à poutrelles, 4 haquets à chevalets, 2 chariots de ponton-

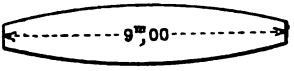


Fig. 3.

niers et 1 forge ; ce qui représente 4 unités de pont, ou 52,80 m de longueur.

Les pontons s'équipent en :

a) Pontons de navigation (fig. 4) ;

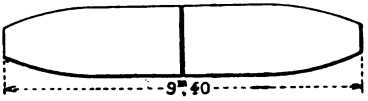


Fig. 4.

b) Pontons d'ancrage (fig. 5) ;

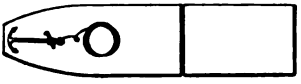


Fig. 5.

c) Pontons-supports de deux pièces, sur lesquels on brêle deux quarts de poutrelle *b*, *b* et une demi-poutrelle *a*. Cette demi-poutrelle sert de chapeau du support flottant, elle est brêlée sur le milieu du quart de poutrelle et destinée à recevoir les griffes des poutrelles du tablier (fig. 6) ;

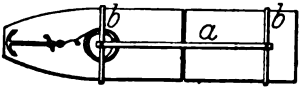


Fig. 6.

d) Pontons-supports de trois pièces, 3 quarts de poutrelle sont brêlés sur les plats-bords ; sur ces quarts de poutrelle repose une poutrelle en guise de chapeau de support (fig. 7) ;

e) Pontons de portière de deux pièces, comme celui de la figure 6, sauf qu'il y a trois quarts de poutrelle au lieu

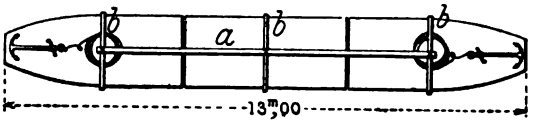


Fig. 7.

de deux, et deux demi-poutrelles posées à l'aplomb des bordages sur ces quarts de poutrelle ;

f) Échafaud volant. Il se compose du ponton de 3 pièces d'une unité et d'un ponton de deux becs, et il est équipé comme l'indique la figure 8.

Lancement des ponts de pontons.

La force normale du détachement nécessaire pour jeter un pont est de :

3 officiers (1 commandant du pont, 1 officier de construction et 1 officier de dépôt) ;
12 sous-officiers ;
82 pontonniers.

Sans entrer dans le détail de la manœuvre, nous dirons seulement que les ponts sont construits par la *Méthode des bateaux successifs.*

Les travées sont de 6,60 m ; il y a 5 poutrelles à griffes par travée.

Les supports sont des pontons de 2 pièces ou exceptionnellement de 3 pièces.

Lancement des ponts de chevalets Birago.

Les chevalets, employés comme supports fixes, sont dressés :

a) *A la main,* sur la terre ferme, ou sur les eaux trop peu profondes pour permettre la construction au moyen de pontons ;

b) A l'aide de l'*échafaud volant*, à partir de 0,50 m de profondeur.

a) *Dressage des chevalets à la main.* — Le chevalet est assemblé horizontalement, les pointes des pieds étant placées à l'endroit même où elles doivent ficher en terre, les têtes des pieds du côté de la rive de départ. Puis il est dressé au moyen de gaffes et on rectifie au besoin la position du chapeau.

b) *Dressage des chevalets avec l'échafaud volant* (fig. 8). — Le chapeau est posé au droit du bordage *b b* ; les pieds sont

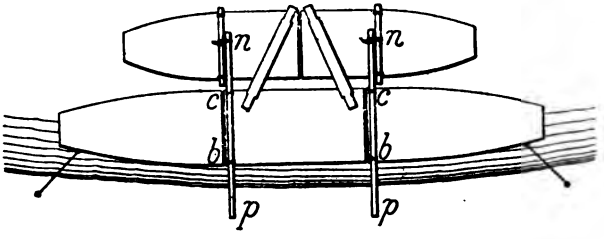


Fig. 8.

engagés *horizontalement* dans les coulisses, les pointes dirigées vers la rive de départ ; on fixe les semelles ; on dresse le chevalet ; les griffes des poutrelles *p* sont agrafées sur le chapeau ; l'échafaud volant est poussé au large et sa position déterminée de manière que l'axe du chapeau soit sur le prolongement de l'axe du pont ; quand ce résultat est obtenu, les pieds sont enfoncés en terre, les chaînes fixées. On débrêle alors les nœuds gansés *n, n* ; tout le système pivote alors autour des points *c, c,* et le chapeau du chevalet est dégagé.

La construction du pont est alors continuée par les méthodes ordinaires.

C'est, comme on le voit, analogue à la *Méthode du bateau contrepoids*. (Voir l'*Aide-mémoire de l'officier du génie en campagne*, p. 241.) Il n'y a pas besoin de faire remarquer l'avantage considérable qu'elle présente sur celle des sa-

peurs français, puisque dans celle-ci on est obligé d'assembler le chevalet verticalement, et que dans ce cas l'ajustage des semelles doit être fait *sous l'eau* et offre toujours des difficultés.

Mais le contrepoids flottant n'existe pas ici ; il doit d'ailleurs être assez gênant quand le courant est fort. Il paraît cependant nécessaire de l'employer dans le cas d'un chevalet ordinaire à 4 pieds, car autrement ceux-ci racleraient le fond de la rivière.

L'échafaud volant peut être remplacé par un *ponton volant* (fig. 9), qui est de construction moins compliquée.

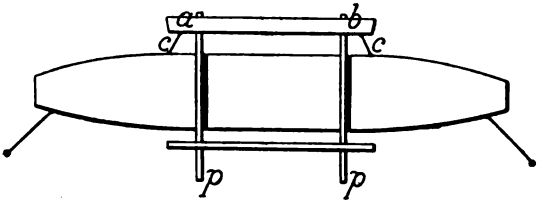


Fig. 9.

Les poutrelles *pp* dépassent des deux côtés ; le chapeau du chevalet est, comme dans la méthode précédente, placé en *pp;* mais quand on commande de dresser le chevalet, 2 hommes poussent une planche *ab* sur les poutrelles jusqu'à ce que les cordes *cc* soient tendues ; et ils s'assoient dessus, face à la rive de départ. Quand on veut dégager le chapeau du chevalet, ils rentrent dans le ponton, et retirent la planche *ab*. La planche *ab* porte, à raison de son emploi, le nom de *balancier*.

Construction des passerelles au moyen du matériel d'ordonnance.

La largeur d'une passerelle est la moitié de celle d'un pont, et le matériel d'une *unité de pont* suffit à construire une passerelle de 19,80 m de longueur.

On peut employer des chevalets, des pontons de deux

pièces, et en alternant avec ceux-ci, des pontons-becs isolés.

Le tablier d'une travée ne comprend que trois poutrelles.

Les madriers sont posés *de biais* sur les poutrelles, de manière que leurs angles du côté de l'axe du pont fassent saillie d'environ 10 cm sur la face extérieure des poutrelles de bord.

Ponts à double voie.

Enfin, on peut construire, avec le matériel d'ordonnance, des ponts à double voie: ils exigent des pontons-supports de trois pièces, et leurs travées sont raccourcies de 1,80 m.

Nous ne voulons pas quitter cette question des ponts d'ordonnance suisses sans insister un peu sur l'instruction des pontonniers.

Au premier abord, il paraît extraordinaire que l'on arrive à instruire convenablement des pontonniers dans une école de recrues qui ne dure que 52 jours.

Mais :

1° En dehors de l'instruction militaire préparatoire, on ne leur apprend que strictement leur métier;

2° On a soin de ne recruter pour ce service presque exclusivement que des bateliers de profession ;

3° L'instruction est très bien menée, et dans un endroit très propice.

A Brugg, en effet, l'Aar a un courant fort rapide (jusqu'à 3 m); et à naviguer quelques jours sur une pareille rivière, on devient vite expérimenté.

II. — Ponts non d'ordonnance.

De même qu'en France, les ponts militaires construits avec des matériaux trouvés sur place (à l'exception toutefois des ponts de bateaux ou autres supports flottants qui sont établis par les pontonniers) rentrent dans les attributions des *sapeurs*.

On distingue :

Les *petites passerelles,* jusqu'à 1 m de largeur ;

Les *grandes passerelles,* d'environ 2 m de largeur ;

Les *ponts de colonnes,* d'une largeur de 3 m au moins pour une voie, et de 5,50 m au plus pour double voie.

Les petites passerelles ont comme supports intermédiaires des chevalets analogues à nos chevalets pour ponts de circonstance, mais ils sont à 2 pieds.

Les chevalets pour grandes passerelles et ponts de colonnes sont également à *deux pieds,* et les poutrelles du tablier ont toujours des *griffes* constituées par deux tasseaux cloués.

Ces chevalets, qui peuvent avoir jusqu'à 6 m de hauteur, sont en bois rond ou charpentés.

a) *Chevalet en bois rond à deux pieds.* — Il se compose d'un chapeau formé de deux (fig. 10) ou quatre (fig. 11)

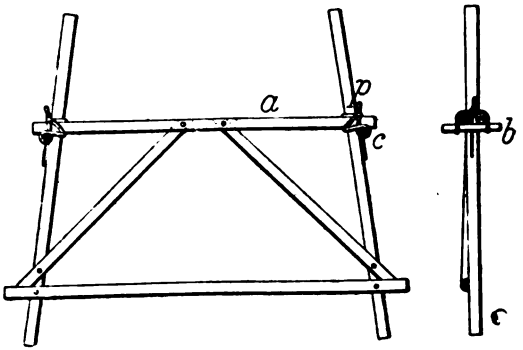


Fig. 10.

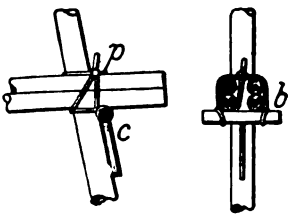


Fig. 11.

pièces légèrement encastrées dans les pieds. Les assemblages des chapeaux et des pieds sont assujettis au moyen de cordes ou au moyen de boulons, dans les ponts qui doivent rester longtemps en place. L'assemblage au moyen de cordes est fait comme l'indique la figure. Un billot de coussinet *b* soutenu lui-même par un clameau droit *c* est placé sous les rondins qui constituent le chapeau, il est maintenu dans cette position par une corde qui passe au-dessus des rondins et est raidie au moyen d'un piquet *p*.

Une semelle et deux écharpes fixées par de fortes pointes complètent le chevalet.

b) *Chevalet charpenté à deux pieds* (fig. 12). — Le chapeau est constitué par deux plateaux ou par deux poutres demi-

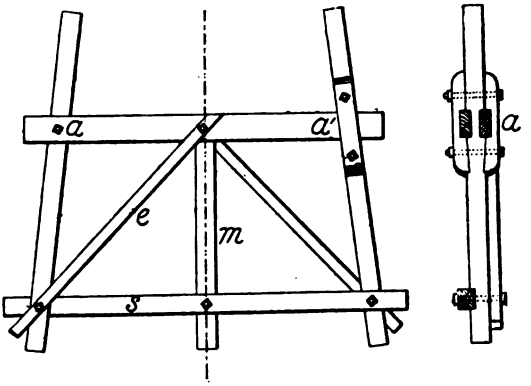


Fig. 12.

rondes encastrés dans les pieds. L'assemblage est tout simplement boulonné comme en *a*, soit recouvert de deux couvre-joints comme en *a'* et boulonné.

Les pieds sont réunis dans leur partie inférieure par une semelle. Et tout le système est rendu triangulaire au moyen de deux écharpes qui sont placées respectivement sur l'une et l'autre face du chapeau et de la semelle.

Enfin un montant *m* est terminé par un tenon qui s'engage entre les deux pièces du chapeau. Il est même re-

commandé de mettre deux montants quand la hauteur du chevalet dépasse 3 m. On les place alors aux endroits où doivent passer les zones des voitures qui circuleront sur le pont.

c) Indépendamment de ces chevalets à deux pieds, les compagnies de sapeurs suisses construisent aussi des chevalets à quatre pieds, charpentés ou non. Le chevalet charpenté est le chevalet de maçon ; le chevalet non charpenté est notre chevalet pour pont de circonstance.

Mais, somme toute, on voit que, à l'inverse de ce qui se passe chez nous, le chevalet à deux pieds semble avoir la préférence.

Lancement des ponts de chevalets. — Les ponts de chevalets sont construits, quand on ne peut pas dresser les supports à la main, soit par la méthode des longuerines, soit au moyen de bateaux ou radeaux, comme il a été indiqué pour les ponts d'ordonnance.

Mais toutes ces méthodes sont longues ; ce qui explique qu'un officier du génie suisse (officier instructeur), le lieutenant-colonel Pfund, ait proposé et fait construire au Creusot un appareil ingénieux qui permet un lancement plus rapide, et il s'en sert même pour lancer une passerelle de campagne en fer qu'il voudrait faire charger sur les parcs du génie. Ce matériel a déjà été décrit dans la *Revue du génie* (t. IV, 1890, p. 238).

HELLOT,
Lieutenant du génie.

BIBLIOGRAPHIE

Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques[1].

Parmi les procédés imaginés pour épargner les fastidieux calculs numériques, les constructions graphiques tiendraient le premier rang, s'il ne fallait généralement les recommencer à chaque application nouvelle.

Dans certains cas cependant cet inconvénient n'existe pas, et le même dessin, embrassant en lui-même toute la série des constructions particulières, remplace une table numérique : l'on a un *abaque*, qui jouit de la propriété précieuse de permettre les interpolations à simple vue.

M. L. Lalanne, en découvrant le principe de l'anamorphose, ou de la graduation conventionnelle des axes, a montré qu'on pouvait, au moyen de trois systèmes de droites parallèles, obtenir les produits ou le quotient de deux facteurs, leur carré ou leur racine carrée, ou généralement une puissance quelconque, entière ou fractionnaire.

En combinant deux abaques semblables, il a pu embrasser le cas des monômes renfermant trois facteurs, et il en a fait des applications, restées classiques, au calcul des surfaces des profils de déblai et de remblai dans les projets de routes.

Sans sortir du domaine de l'ingénieur militaire, on citera encore l'abaque construit par le commandant Goulier (*Mémorial de l'officier du génie*, n° 18), et les tableaux insérés par le commandant Chéry, aujourd'hui général, dans la *Pratique de la résistance des matériaux* (1874).

---

1. Un volume in-8°, de 96 pages, avec 38 figures dans le texte et 8 planches. — Paris, 1891, Gauthier-Villars et fils. Prix : 3 fr 50 c.

D'autres essais indépendants avaient été tentés en vue d'obtenir la valeur numérique de termes renfermant trois variables : tels sont les abaques du capitaine Ricour, ceux de M. le capitaine Delambre, aujourd'hui général, pour le calcul des fourneaux de mine (*Mémorial de l'officier du génie*, n° 21). Mais ici encore il ne s'agissait que de monômes.

Il restait, pour obtenir la valeur de polynômes, à combiner, par voie d'addition ou de soustraction, les résultats fournis par des abaques simples : c'est ce qu'a fait M. Lallemand, ingénieur au corps des mines, par l'invention de ses abaques hexagonaux, dont il a tiré les applications les plus remarquables. Sa méthode permet de calculer toute combinaison algébrique de variables ou de fonctions explicites de ces variables, en quelque nombre qu'elles soient.

Elle fournit entre autres la représentation graphique de la racine d'une équation résolue d'une manière explicite.

S'il s'agit de résoudre une équation non susceptible d'une solution générale comme les équations de degré supérieur, la méthode ci-dessus n'est plus applicable.

Lorsqu'il s'agit d'équations trinômes à une inconnue, de la forme

$$x^m + px^n + q = 0,$$

M. Lalanne a fourni une solution fort élégante. Il considère comme coordonnées courantes non seulement la variable, mais encore les deux coefficients p et q, et alors l'équation représente un conoïde réglé, dont les lignes de niveau $x = c$ sont des droites.

A tout système de valeurs de p et de q répond sur ce conoïde une valeur déterminée de x qui est l'inconnue cherchée.

Si l'on passait au cas d'équations quadrinômes, l'on aurait une infinité de conoïdes se recouvrant mutuellement, et la méthode cesserait d'être applicable.

C'est ici que M. d'Ocagne a réalisé un progrès considérable.

Revenons à l'équation

$$x^m + px^n + q = 0.$$

En considérant p et q non plus comme des coordonnées cartésiennes, mais comme des coordonnées tangentielles, cette équation représente, pour chaque valeur du paramètre variable x, tout un système de droites passant par un point fixe.

La succession de ces points engendre une courbe, que l'on peut graduer suivant les valeurs correspondantes de x.

D'après cela, x, correspondant à un système de valeurs de p et de q, se trouvera immédiatement au point d'intersection de cette courbe avec la droite (p, q).

Si maintenant on considère l'équation

$$x^m + px^n + rx^s + q = 0,$$

à chaque valeur de r correspondra une courbe semblable à celle dont il vient d'être question, et sur laquelle on trouvera la valeur de x pour un système de valeurs de p et de q.

Cette transformation ingénieuse, en substituant des points à des droites, rend souvent possibles des constructions qui autrement auraient recouvert plusieurs fois le plan. Elle peut être englobée avec les méthodes de M. Lalanne, et celles plus générales de M. Lallemand, dans une théorie d'ensemble, que M. d'Ocagne appelle la *Nomographie*, et à laquelle il consacre un volume aussi intéressant pour l'ingénieur que pour le géomètre.

Il ne manque pas, dans chaque spécialité, de ces formules qui reviennent constamment, et dont la mise en nombres entraîne, soit un calcul fastidieux, soit, ce qui l'est plus encore pour celui qui est chargé de les établir, l'emploi de tables numériques. La construction d'un abaque demande au contraire quelques heures seulement.

D'un autre côté, l'expérience démontre que les abaques ne rendent de réels services qu'à la condition d'être spécialisés à une application déterminée, de manière que la marche à suivre pour les consulter soit bien tracée et ne comporte qu'une besogne mécanique.

On trouvera dans le livre de M. d'Ocagne tout ce qu'il faut pour bien comprendre les méthodes nouvelles et en faire des applications aux divers cas de la pratique.

Aussi nous ne saurions trop le recommander aux officiers du génie et de l'artillerie, et en général à tous ceux qui, comme eux, ont à faire appel, sur le terrain, aux données de la science, dans des conditions où ils ne disposent ni du loisir, ni des moyens, ni de la tranquillité d'esprit nécessaires pour appliquer les modes usuels de calcul.

L. B.

Électricité expérimentale et pratique, par H. Leblond. Tome III[1].

Les lecteurs de la *Revue* connaissent, tout au moins par les comptes rendus que nous en avons donnés lors de leur publication, les tomes I et II de l'ouvrage de M. Leblond, dont ils représentent la partie générale. Il restait à traiter les applications pour lesquelles un tome III avait été prévu. Mais l'abondance des matières a tellement enflé les dimensions de ce tome qu'il a fallu le scinder en deux fascicules, plus volumineux à eux deux que toute la première partie de l'ouvrage.

Un pareil développement n'a rien qui doive surprendre, quand il s'agit d'exposer d'une manière complète l'emploi de l'électricité, à savoir à l'éclairage intérieur et à l'éclairage extérieur dans la marine de guerre. Et encore n'est-ce là qu'une application de ce merveilleux agent, la principale à vrai dire.

---

1. In-8°. 1er fascicule, 298 p., 114 fig. Prix : 6 fr. — 2e fascicule, 465 p., 117 fig. Prix : 8 fr. — Paris, 1890-1891, Berger-Levrault et Cie.

L'on a souvent comparé les forts de terre avec les navires de guerre : l'analogie se poursuit jusque sur le chapitre de l'éclairage, car, dans un cas comme dans l'autre, il faut signaler l'approche de l'ennemi par des appareils projecteurs à grande portée ; d'un côté comme de l'autre on doit assurer l'éclairage des locaux intérieurs par des procédés qui évitent la viciation et l'échauffement d'une atmosphère limitée, et préviennent les dangers que font courir les modes primitifs d'éclairage dans des locaux où l'on conserve les explosifs.

Aussi, les officiers des armes spéciales dans l'armée de terre, et plus particulièrement ceux du génie, ont-ils le plus grand profit à retirer de l'étude des solutions déjà réalisées à bord des navires de guerre, et ils ne sauraient trouver un guide plus commode et plus méthodique que le livre de M. Leblond. Est-il nécessaire d'ajouter que ce livre étant le cours même professé à l'École des officiers torpilleurs par un praticien éclairé, ancien élève de l'École normale supérieure, agrégé des sciences physiques, il constitue en même temps la source la plus sûre à laquelle on puisse s'adresser ?

Le chapitre Ier consacre 216 pages aux machines électriques. Après une description détaillée des types nombreux employés à bord, l'auteur en donne la théorie, et, ce qui est plus important au point de vue des applications, l'étude expérimentale dans les divers modes d'excitation. Un paragraphe très étendu traite des épreuves de recette, de l'entretien et des avaries.

Le chapitre II (23 pages) concerne les piles hydro-électriques servant à l'inflammation des mines sous-marines (modèles au bichromate et Leclanché), et le chapitre III les accumulateurs (45 pages). Ici encore, ce sont des données pratiques, indispensables à celui qui doit choisir ces sources d'électricité, les éprouver et en diriger l'emploi d'une manière intelligente et efficace.

Le chapitre IV est relatif aux transformateurs : il s'agit

là d'un matériel qui ne trouve pas son emploi dans le cas actuel, avec les faibles distances qui séparent les sources d'électricité des appareils où celle-ci est employée; aussi ce chapitre est-il bien moins étendu que le cinquième, consacré aux conducteurs. Nature, épreuves, groupement en vue de la distribution, telles sont les diverses questions traitées dans ce chapitre, qui compte 67 pages remplies de renseignements précieux.

Le chapitre VI (334 pages) est le plus important de tout l'ouvrage : il concerne la lumière électrique, à arc et à incandescence. Dans l'impossibilité de donner une idée de tout ce qu'on y trouve d'utile, signalons l'étude expérimentale de l'arc voltaïque; la question si capitale du réglage et de la stabilité de la lumière ainsi obtenue, les divers systèmes de régulateurs, les installations à une ou à plusieurs lumières, les projecteurs et les charbons des divers types ; puis l'éclairage à incandescence, avec tous les nombreux détails qu'il comporte ; enfin, la description d'un ensemble tel qu'il est établi à bord, dans les conditions les plus favorables à la sécurité et à la certitude des résultats.

Mentionnons enfin les chapitres VII (10 pages) et VIII (20 pages), relatifs respectivement au transport de force et à la téléphonie, et nous aurons donné une idée de la consistance de cet ouvrage.

Comme on peut le voir par la comparaison des nombres de pages affectées aux divers chapitres, l'étendue de chacun d'eux est proportionnée à son importance à bord et aussi à terre.

Ajoutons enfin que l'ouvrage, illustré de plus de 200 figures dans le texte, est parfaitement exécuté au point de vue matériel. L. B.

Gliederung und Ausrüstung der Armee im Felde, par le capitaine du génie Ad. Springer[1].

L'auteur s'est proposé de condenser dans un tableau synoptique tous les renseignements concernant les effectifs et la dotation en matériel de l'armée austro-hongroise. Grâce à une disposition très heureuse, il a su éviter l'inconvénient habituel de ces sortes de tableaux : la confusion et la lenteur des recherches.

Des teintes conventionnelles distinguent d'une façon très nette les divers services de l'armée, et l'œil se dirige sans tâtonnement vers la case renfermant le détail cherché. Des lignes pointillées indiquent la corrélation qui existe entre des cases de couleurs différentes.

En ce qui concerne les troupes du génie et les pionniers, on a mentionné, entre autres, la quantité de travaux que chaque unité peut exécuter en un temps donné, ainsi que l'approvisionnement en explosifs de rupture (écrasite).

Ce petit tableau, qui est destiné à avoir du succès en Autriche, mérite d'être connu dans les autres pays comme source de renseignements utiles et comme modèle d'heureuse disposition. L. B.

---

1. Un tableau in-fol. 1891. Vienne, chez l'auteur et chez Seidel. — Prix : 30 kr.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Un système de pont démontable.

Depuis l'invention des obus-torpilles et par suite des nouvelles dispositions adoptées en fortification, il y a lieu de supposer que d'une façon générale les ponts-levis ne seront plus guère employés dans les forts et surtout dans les ouvrages intermédiaires de la ligne de défense des places.

D'autre part, les ponts roulants, d'un usage assez commode, présentent cependant, une fois retirés, l'inconvénient de laisser subsister en travers des fossés, les rails de glissement qui serviraient ainsi, à un moment donné, de point d'appui à l'assaillant pour l'aider à franchir l'obstacle. En outre, la manœuvre de ce pont doit être faite même pour permettre le passage de simples piétons.

Pour obvier en partie à ces divers inconvénients, on a cherché un système de pont démontable composé d'éléments assez simples et peu coûteux, pouvant convenir dans bien des cas en pratique, soit qu'il s'agisse d'une entrée d'ouvrage, de franchissement d'une coupure, d'un haha, etc.

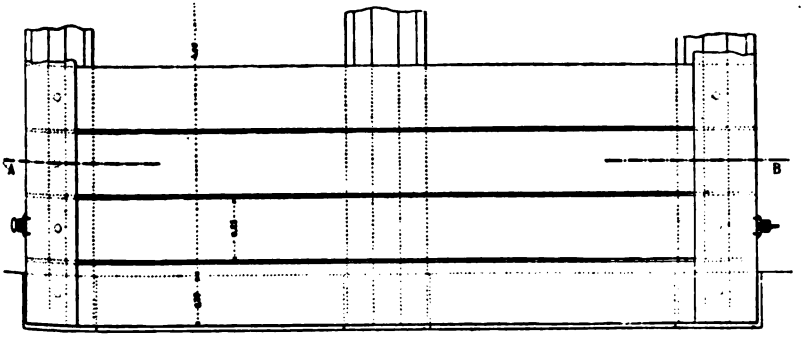
Description du pont. — Ce pont se compose essentiellement de fers zorès en forme d'U renversé offrant une grande stabilité, et placés dans des encastrements ménagés de chaque côté du pont sur les culées.

Les deux fers extrêmes ou poutres de rives sont munis à leur partie supérieure de sortes de rivets tronconiques, maintenus par un écrou fixé en dessous de la face supérieure du fer.

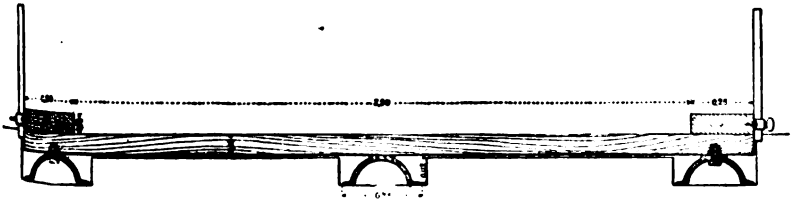
Ces rivets, placés à égale distance d'axe en axe, s'engagent dans des excavations pratiquées à la partie infé-

rieure des madriers du tablier qu'ils servent ainsi à maintenir en place. En outre, deux madriers de 0,25 m de largeur, formant trottoirs et auxquels on peut fixer un garde-corps mobile complètent l'ensemble du pont et contribuent également à maintenir en place les madriers du tablier. Les madriers du trottoir sont en outre consolidés à leur extrémité soit au moyen d'une pierre formant chasse-roues, soit par tout autre moyen.

Mise en place et démontage. — Pour mettre en place le pont, 2 à 3 hommes suffisent.



Plan du pont.



Profil suivant AB.

En se servant des madriers du trottoir comme auxiliaires, on fait glisser d'abord les fers zorès dans les encastrements réservés, puis on fixe les madriers l'un après l'autre, en faisant correspondre les excavations aux rivets; un vide de 2 cm existe d'ailleurs entre chaque madrier pour faciliter la pose.

Enfin, on place les madriers du trottoir sur le bord desquels sont fixés deux étriers (un à chaque extrémité), où s'engagent les montants d'un garde-corps mobile en fer, ou même simplement en bois. La mise en place du pont ne demande pas plus de 10 à 15 minutes. Avec 4 hommes exercés, on mettrait le pont en place en 8 ou 10 minutes au plus. Le démontage s'effectue dans le même temps, en opérant d'une façon inverse.

Lorsque l'on ne doit pas faire entrer dans l'ouvrage du matériel assez lourd, et que l'on désire assurer simplement la communication pour les piétons, on se contente d'accoler les deux madriers du trottoir munis de leur garde-corps mobile[1]. On constitue ainsi simplement et dans 2 ou 3 minutes une passerelle suffisamment solide pour l'infanterie et pouvant supporter un poids de 160 kg environ par mètre courant.

Détails divers. — Dans la figure on a supposé une portée de 4 m. Le type de fer zorès choisi pèse 35 kg le mètre courant et chacun d'eux a 4,40 m de long, reposant ainsi de 20 cm de part et d'autre dans chacun des encastrements ménagés sur les culées.

On a admis une largeur de 2,50 m pour le tablier, non compris les deux trottoirs. Cette largeur de 2,50 m n'a rien d'absolu et peut être réduite selon les circonstances à 2 m de largeur, ce qui suffira largement dans la plupart des cas. L'épaisseur des madriers du tablier, qui est de 8 cm sur le croquis, peut aussi être réduite à 6 cm ou 6 cm et demi sans inconvénient, ce qui allégera le poids et facilitera la manœuvre, s'il ne doit pas passer des charges fréquentes et très lourdes sur le pont.

Dans les conditions indiquées ci-dessus, le pont peut

1. Les madriers de trottoir pourront d'ailleurs avoir une longueur supérieure à 4,4 m et déborder sur la chaussée. Ils reposeront ainsi d'une plus grande longueur, de part et d'autre, sur les culées et faciliteront même la pose des fers zorès comme moyen auxiliaire.

supporter une charge de 500 à 600 kg par m² environ, ce qui permettra le passage de toutes sortes de matériel.

En faisant varier d'ailleurs le profil du fer zorès selon le but à atteindre, on pourra augmenter ou diminuer la résistance du pont. Le nombre de fers zorès peut également être modifié selon la charge à supporter.

A cet effet, on trouve dans l'industrie des fers zorès pesant 14,5 kg le mètre courant, ayant 22 cm de largeur à la base, et d'autres encore plus légers de 8 kg au mètre courant, avec 17 cm de largeur à la base. Les albums des maîtres de forges donnent dans chaque cas les résistances correspondantes au type de fer choisi.

La mise en place comme le démontage s'exécuteront d'ailleurs d'autant plus vite que les fers seront moins lourds.

Le prix du pont proprement dit, tel qu'il est représenté, peut varier de 600 à 700 fr. selon les circonstances locales.

En résumé, le système de pont proposé comporte seulement quatre parties distinctes, des fers zorès, dont deux sont munis de rivets équidistants pour maintenir les madriers, des madriers tous semblables pour le tablier et deux autres madriers servant de trottoir, et, enfin, un garde-corps en fer ou en bois. Tous ces éléments peuvent d'ailleurs se substituer les uns aux autres dans la mise en place.

ALLARD,
Capitaine du génie.

Agrafe-crampon pour la pose des planchers.

L'agrafe-crampon dont il s'agit [1], présente la forme figure 1 ; son emploi paraît surtout avantageux soit pour

1. Proposée par M. Guérin, 36, rue Laugier.

fixer sur des solives en fer les lambourdes d'un plancher, soit pour poser directement des planches sur un solivage ou sous un chevronnage en fer.

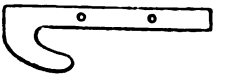


Fig. 1.

Pour la pose des lambourdes sur solives, les agrafes sont disposées comme l'indique la figure 2; elles sont dis-

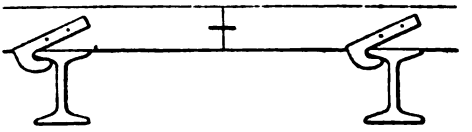


Fig. 2.

posées dans le même sens, de façon qu'on puisse les dégager toutes en faisant glisser la lambourde qui doit être arrêtée à une petite distance de l'un des murs.

Les agrafes peuvent être placées soit sur une même face de la lambourde, soit alternativement sur l'une ou l'autre face.

On peut aussi, pour fixer plus complètement les lambourdes, faire usage d'agrafes croisées, mais dans ce cas, l'une des deux agrafes doit être vissée et il faut l'enlever pour dégager la lambourde (fig. 3).

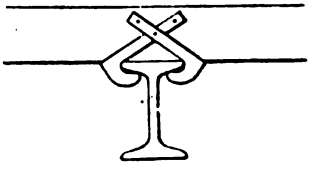


Fig. 3.

Pour poser directement les lames d'un parquet sur un solivage en fer, on emploie des agrafes entaillées sur les faces des lames et disposées dans le même sens. Chacune

des lames vient s'assembler à chaque extrémité, au moyen d'une fausse languette de fer, avec une frise de rive et il suffit d'enlever la rive B pour déboîter toutes les lames et démonter le parquet (fig. 4).

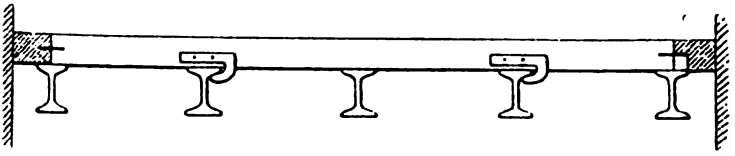


Fig. 4.

Avec ce procédé de pose des parquets il semble difficile d'obtenir une surface bien horizontale par suite du gauche inévitable que présente le plan supérieur du solivage et cet inconvénient ne peut que beaucoup restreindre l'emploi de l'agrafe-crampon pour ce cas particulier.

La pose d'un plancher sous un chevronnage en fer se fait d'une façon analogue à celle qui vient d'être indiquée pour la pose d'un parquet sur solivage.

M. Guérin emploie également l'agrafe-crampon pour fixer des lambourdes ou des planches sur des solives en bois ; il faut dans ce cas ménager une rainure le long de l'arête supérieure des solives pour fixer l'agrafe ; on peut aussi l'accrocher au moyen d'une plate-bande en fer entaillée et vissée sur la solive. Cette rainure et cette plate-bande peuvent d'ailleurs être continues ou n'exister qu'en certains points déterminés d'après la distance des agrafes.

Ces dernières applications de l'agrafe-crampon ne paraissent présenter aucun avantage sérieux sur les procédés ordinaires.

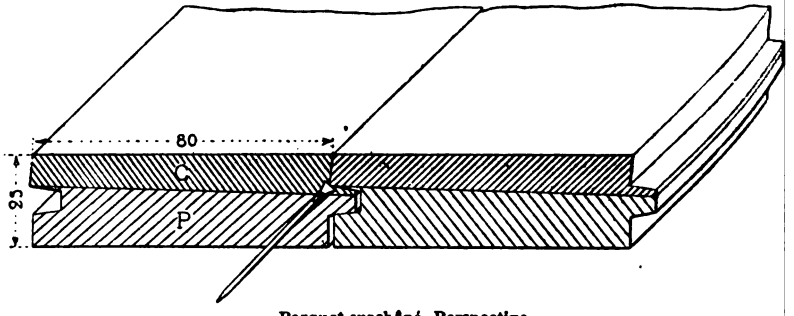
Il ne semble pas utile, en effet, que les lambourdes soient mobiles ; il n'y a donc qu'à les clouer sur les solives ; quant au parquet à établir directement sur solives, si l'on veut qu'il soit démontable, il paraît préférable d'adopter le parquet sans clous du même inventeur. P.

Parquets surchênés.

On a essayé, dans les environs de Toulouse, des parquets dits surchênés, dont les frises sont formées d'une lame de chêne C collée sur une lame de pin P.

La surface de séparation est inclinée sur les parements, de sorte que la rainure est creusée entièrement dans le pin, tandis que la languette empiète sur les deux lames de bois, qui sont ainsi maintenues plus solidement en contact.

Comme on doit toujours remplacer les frises dès que l'usure a atteint le bouvetage, on conçoit que des parquets



Parquet surchêné. Perspective.

de ce genre possèdent une durée égale à celle d'un parquet entièrement en chêne.

D'un autre côté, lorsque le prix du chêne est notablement plus élevé que celui du pin, le surcroît de main-d'œuvre peut être compensé et au delà par l'économie réalisée sur la matière première.

Mais il est essentiel que la colle résiste parfaitement à l'action de l'humidité ; cette condition paraît n'avoir été réalisée que d'une façon approximative jusqu'à présent.

Tout en signalant cette application ingénieuse[1], il convient donc, tant que l'expérience n'aura pas été décisive en sa faveur, de ne la recommander qu'avec réserve.

L. B.

1. Elle est exploitée par M. Idrac, à Toulouse.

Le gérant, Ch. Norberg.

NOTICE

SUR LA

CONSTRUCTION RAPIDE D'UN PONT

DE 360 M DE LONG

ÉTABLI EN 1889 SUR LE VAR

INTRODUCTION.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte des Alpes-Maritimes pour se rendre compte de l'insuffisance, en vue d'opérations militaires possibles sur la frontière d'Italie, des moyens de passage sur le Var.

Depuis le confluent de la Vésubie jusqu'à l'embouchure du fleuve, c'est-à-dire sur une longueur de 25 km, il n'existe que deux ponts : encore ces deux ponts n'offrent-ils qu'une communication précaire entre les deux rives du cours d'eau.

L'un, en effet, qui donne passage à la route et au chemin de fer de Toulon à Nice, est situé à 1 km à peine de l'embouchure, bien en vue du large et, par conséquent, exposé à la fois aux projectiles des navires ennemis et aux tentatives de ses embarcations.

L'autre, le pont Charles-Albert, à 3 km du confluent de la Vésubie, est un pont suspendu déjà ancien, ne permettant qu'un écoulement très lent des colonnes de troupes et d'une solidité insuffisante pour le passage des fardeaux militaires. Il n'ouvre d'ailleurs par Gillette qu'une route tout à fait secondaire.

Il résulte de cet état de choses une situation défectueuse, reconnue depuis longtemps par les ministres de la

guerre et de la marine, et que l'on avait résolu, dans ces dernières années, de faire disparaître par la construction d'un troisième pont échappant aux inconvénients des deux autres.

Divers projets avaient été étudiés, notamment en face de Saint-Martin-du-Var, mais aucune suite n'avait été donnée aux propositions faites à cet égard, en raison du temps et surtout des dépenses considérables que devaient exiger les travaux. La construction de la ligne ferrée de Grasse à Nice donna enfin une solution avantageuse de la question.

Cette ligne doit franchir le Var sur un viaduc à 13 km de son embouchure. On profita de la circonstance pour s'entendre avec la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, concessionnaire de la ligne, qui consentit à faire exécuter le viaduc de telle sorte qu'il livrât aussi passage à la route militaire de Toulon à Nice.

On avait d'abord espéré que la voie ferrée serait terminée en 1889 ; mais les travaux du viaduc étaient à peine entamés au printemps de cette année.

Le ministre de la guerre décida alors qu'en attendant l'achèvement du viaduc, il serait établi par la main-d'œuvre militaire un pont provisoire assez résistant pour supporter le passage des troupes de toutes armes et du matériel de siège. Afin de réduire les dépenses au minimum, on eut l'idée de s'entendre avec la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, qui avait besoin d'établir un pont de service en vue de l'exécution de remblais dans le lit du Var : elle put utiliser à cet effet le pont militaire en contribuant à ses frais d'installation.

Afin de rendre l'opération aussi rapide que possible, on résolut de profiter des progrès accomplis par le génie dans la construction des ponts métalliques démontables, dont l'emploi permet de gagner beaucoup de temps en réduisant dans une notable proportion le nombre des supports, sans enlever rien à la solidité de l'ouvrage.

Le projet de passage fut arrêté en quelques jours, de concert avec la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, qui s'engagea à faire exécuter les palées du pont et les remblais nécessaires. Une description sommaire des lieux permettra de se rendre compte de l'économie de ce projet.

Le Var occupait primitivement toute la vallée, qui mesure environ 1 km de largeur ; mais son lit a été réduit à 600 ou 700 m par la construction sur la rive gauche d'une digue D qui porte la route de Grasse à Nice (fig. 1).

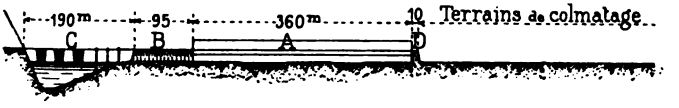


Fig. 1. — Profil de la vallée à l'emplacement du pont (les hauteurs sont exagérées par rapport aux longueurs).

Le point de passage choisi se trouve entre Gattières (R. D.) et Colomars (R. G. un peu en aval). En cet endroit le fleuve a 640 m de large, mais en dehors de l'époque de la fonte des neiges, il est loin d'occuper tout son lit.

Au moment où l'opération a eu lieu, le courant, qui se déplace fréquemment, s'était jeté tout entier sur la rive droite et sa largeur était d'environ 180 m. Quelques filets d'eau seulement coulaient du côté de la rive gauche dans des sillons de 8 à 10 m de large.

Le passage était constitué de la façon suivante, en allant de la rive gauche vers la rive droite :

1° Un pont mobilisable A, en acier, comprenant : 17 travées de 21 m, à éléments portatifs, occupant une longueur totale de . . . . . 360 m

2° Une chaussée provisoire B en remblai de gravier, devant servir aussi de plate-forme de montage d'une longueur de 95

3° Un pont mixte provisoire C de bateaux et de chevalets aboutissant à la rive droite, long de . . 190

Longueur totale du passage. . . 645 m

La plate-forme en remblai de 95 m et les 18 palées en pilotis et charpente destinées à porter le pont furent exécutées en 12 jours par la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, qui déploya dans cette circonstance une remarquable activité.

Le pont provisoire mixte de bateaux et de chevalets s'appuyant à la rive droite fut construit en moins d'une journée, par un détachement de pontonniers venu d'Avignon avec un équipage spécial.

Nous n'entrerons pas dans les détails relatifs à ces travaux, notre étude se bornant exclusivement au pont métallique démontable employé dans cette circonstance.

Ce pont, choisi par l'état-major général d'accord avec le service du génie, était du système à mailles triangulaires en acier du lieutenant-colonel Henry, système qui se prête à un transport facile et à un montage très rapide par la main-d'œuvre militaire.

Les opérations devaient être faites sous la haute direction du lieutenant-colonel Henry et de M. Martin, directeur de la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France.

Le personnel d'exécution comprenait :

1° Une compagnie de sapeurs de chemins de fer du 1er régiment du génie (capitaine Clergerie);

2° Une compagnie d'infanterie fournissant des travailleurs auxiliaires (capitaine Le Châtelier).

CHAPITRE PREMIER.

ÉTUDE TECHNIQUE DU PONT.

Le pont-route mobilisable système Henry employé sur le Var, comprend une ossature métallique et un tablier en bois. Il a pour caractéristique de se démonter exclusivement en éléments rectilignes très maniables, ce qui en rend le transport très facile en toute circonstance.

L'ossature est constituée par deux poutres principales de rive de 2 m de hauteur, sur lesquelles viennent prendre appui les pièces intermédiaires supportant le tablier.

Les poutres principales sont formées de deux cours de semelles (*appelées membrures inférieures et supérieures*), réunies par des montants verticaux et des barres de treillis inclinées.

Les pièces intermédiaires comprennent des pièces de pont venant se boulonner aux deux tiers de la hauteur des montants et des longerons prenant appui sur ces pièces de pont. Des barres de contreventement disposées en croix de Saint-André assurent la rigidité du système dans le sens horizontal.

L'ensemble forme une série de mailles triangulaires où se rencontrent seulement six éléments types différents. Toutes ces pièces sont en acier, et celles de même espèce sont rigoureusement interchangeables. La pièce la plus longue ne dépasse pas 6 m ; le poids de la plus lourde est de 138 kg.

Le tablier est constitué par des madriers ordinaires de 0,08 m fixés sur les longerons. Des poutrelles clouées sur les madriers font office de guindage et servent en outre de garde-roues à la voie charretière. Le passage laissé libre entre les poutres est de 3,60 m, se divisant en une voie charretière médiane de 1,75 m et deux trottoirs latéraux de 0,95 m.

Les pièces qui supportent le tablier venant s'assembler aux deux tiers de la hauteur des poutres principales, ces dernières forment elles-mêmes garde-corps.

La distance longitudinale d'un montant vertical à l'autre est de 3 m ; le pont peut donc se fractionner par longueurs de 3 m ; depuis 6 m, l'ensemble des pièces que comprend une longueur de 3 m est désignée sous le nom de panneau.

La travée ordinaire est de 21 m, soit 7 panneaux. Le pont pèse 500 kg par mètre courant[1], c'est-à-dire 10,5 tonnes par travée de 21 m.

Conditions de résistance.

Le pont du Var devant être utilisé comme pont stratégique semi-permanent par le 15e corps d'armée et comme pont de service pour les travaux de la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, on a déterminé ainsi qu'il suit les conditions techniques auxquelles ce pont devait satisfaire.

Comme pont stratégique. — En raison de sa grande longueur il doit pouvoir :

1° Donner passage à la fois aux voitures et à 2 files de troupes à pied, ce qui exige au maximum un passage de 3,50 m entre les poutres maîtresses des travées ;

2° Supporter une surcharge de 1 200 kg par mètre courant ;

---

1. Ce poids de 500 kg est supérieur à celui qui était strictement nécessaire pour assurer au pont une résistance en rapport avec les fardeaux auxquels il devait livrer passage. Il a été adopté sur l'avis du Conseil général des ponts et chaussées que l'on a dû consulter, parce que, outre les usages militaires auxquels il était destiné, le pont devait encore être utilisé pour le service civil. Le Conseil a imposé à cet ouvrage de satisfaire aux conditions de masse qui sont indispensables pour les ponts permanents, mais dont on peut s'affranchir sans inconvénient dans la construction des ponts militaires. Dans le premier projet présenté par le lieutenant-colonel Henry, le pont ne pesait que 400 kg par mètre courant; on verra plus loin que ce poids peut encore être abaissé.

3° Permettre la circulation des voitures à quatre roues chargées de deux tonnes par essieu et attelées de six chevaux.

Comme pont de service. — Il doit permettre la circulation des ouvriers, des chevaux et des tombereaux de terrassement, ainsi que celle des trains d'un chemin de fer Decauville à voie de 0,60 m, composés de wagons chargés chacun de 4 000 kg de matériaux.

Comme passerelle publique. — Le pont doit donner passage à des voitures dont la charge ne dépassera pas deux tonnes par essieu, et ne présenter aucune oscillation sensible au passage de ces voitures.

En adoptant des travées de 21 m de portée et de 3,50 m de largeur, il suffit, pour satisfaire aux conditions de ce programme, de prendre pour bases des calculs de résistance :

1° Pour la surcharge d'une travée par mètre courant.	1 200 kg
2° Pour la charge roulante maxima d'une pièce de pont	4 000
3° Pour le travail limité à faire supporter aux aciers. . . . . par mm².	10

Poutres principales. — Calcul de la charge par mètre courant de poutre :

Charge permanente.	Partie métallique.	500 kg	700 kg
	Plancher	200	
Surcharge par mètre			1 200
Total par mètre de pont			1 900 kg
— poutre			950

On a adopté le chiffre de 1 000 kg.

Le système étant basé sur l'identité des membrures qui forment les semelles des poutres, et des barres de treillis constituant les mailles triangulaires, on doit choisir pour

sections à donner à ces pièces celles qui correspondent à [illegible] maximum qu'elles auront à supporter.

Le pont [illegible] a été soumis à l'usine de la Compagnie de Fives-Lille, à Givors, à des épreuves de résistance [illegible] qui ont consisté d'abord à charger une travée d'un poids uniformément réparti de 1 200 kg par mètre [illegible] puis à ajouter à cette charge un poids de 6000 kg au milieu de la portée.

A chaque épreuve on a mesuré la flèche verticale de chaque poutre et la flèche horizontale prise en dedans par les membrures supérieures en trois points repérés dont la figure 2 indique l'emplacement. On a en outre constaté la

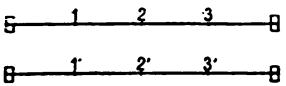


Fig. 2. — Repérage des points dont on a mesuré les flèches.

flèche verticale sous la dernière charge uniformément répartie sur une moitié de pont et la flèche permanente après les épreuves. Les résultats des expériences ont été les suivants :

Tableau des flèches.

	NUMÉROS DES REPÈRES					
	1	2	3	1'	2'	3'
Charge uniformément répartie de 1 200 kg par mètre courant [1] . . . . . mm	3	2	2,5	2	2,5	3
Charge ci-dessus augmentée d'une charge de 6000 kg au milieu de la portée [2] . . . mm	1	4	0,5	1	3,5	1,5

[1] La demi-charge répartie sur la moitié du pont donne comme flèche 7 mm. Après épreuve, la poutre gauche a 12 mm de flèche et celle de droite, 13 mm.
[2] La flèche totale, après surcharge, est de 17 mm pour la poutre droite, [illegible] pour la poutre gauche. Il y a environ 1 mm d'augmentation de flèche [illegible] de surcharge.

Après les épreuves, le pont prend une flèche permanente de [illegible] mm par travée.

Ajoutons qu'au lançage, la travée de 21 m prend au moment du porte-à-faux maximum, une flèche de 10 cm.

DESCRIPTION DU PONT.

Nous décrirons successivement les poutres en distinguant les pièces courantes et les pièces spéciales : ces dernières forment les extrémités de chaque élément du pont.

A. **Poutres principales triangulaires.** — Elles se composent de deux membrures, l'une inférieure, l'autre supérieure, identiques et réunies entre elles de 3 en 3 m par des montants et des barres de treillis.

Les éléments des membrures A sont des cornières de 6 m de long. Chaque cornière (fig. 3) porte à l'une de ses

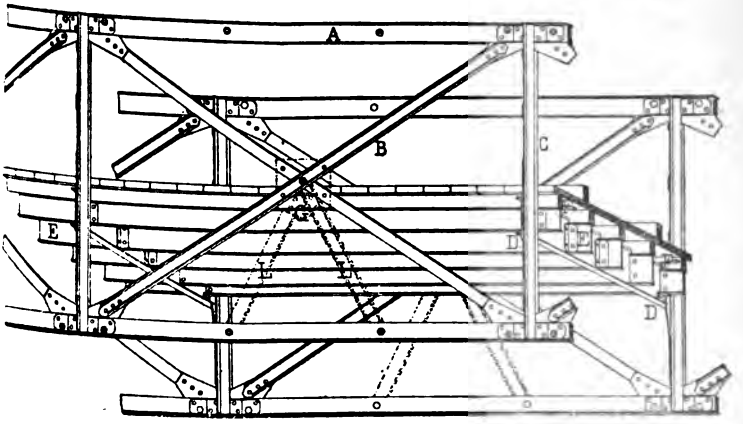


Fig. 3. — Vue perspective d'un élément de pont.

extrémités une éclisse rivée servant à l'assembler avec la cornière suivante : l'autre bout est simplement percé de trous de boulons correspondant à ceux de l'éclisse. Au milieu de l'élément est rivée une plaque de tôle formant fourrure dans l'assemblage qui se fait en ce point.

Les membrures A sont formées d'un double cours de

ces éléments, chevauchant les uns sur les autres de la moitié de leur longueur, c'est-à-dire de 3 m. Entre les deux rangées de cornières existe un intervalle d'environ 1 cm.

Les barres de treillis B affectent la section d'un fer en U et sont terminées à chaque bout par un gousset. Les goussets de deux barres issues du même joint se logent en se superposant dans le vide ménagé entre les deux cours de cornières de chaque membrure.

Enfin *les montants* C sont constitués chacun par deux cornières dont les ailes sont réunies au moyen d'un treillis en fer plat, à leur partie supérieure, et d'une plaque de tôle à leur partie inférieure. Les bouts viennent emboîter l'ensemble formé par la membrure et les barres de treillis. Ce type de montant adopté par le lieutenant-colonel Henry donne aux poutres une grande rigidité transversale. Trois gros boulons, deux courts et un long, maintiennent solidement cet assemblage. Les deux boulons courts réunissent les membrures et les barres de treillis, le boulon long traverse les membrures, les barres de treillis et le montant.

Tous les assemblages sont identiques. Comme on le voit, dans tout assemblage courant il y a un élément de membrure qui n'est pas interrompu. Cette disposition est excellente pour assurer la rigidité du pont et la solidarité de panneau à panneau, mais elle a l'inconvénient qu'un panneau engage le suivant. Dans le montage, la poutre est toujours prolongée au delà du dernier joint boulonné par un demi-élément de membrure et une barre de treillis.

Pour pouvoir terminer un groupe de travées, on a dû créer des demi-membrures et des pièces spéciales d'about de membrure qui jouent le rôle de fourrure et remplacent l'élément de membrure et la barre de treillis absente.

Les pièces spéciales sont nécessairement de deux types qui s'emploient respectivement suivant que le dernier élément courant de membrure se termine ou non par une

éclisse. Si l'élément de pont comprend un nombre impair de panneaux, les pièces d'about des deux extrémités sont du même type ; elles sont de types différents si le nombre de panneaux est pair.

Pièces réunissant les deux poutres principales.

1° *Pièces de pont ou poutrelles transversales.* — Ces pièces D ont pour section un double T. Elles sont terminées par des goussets qui permettent de les fixer sur les montants au moyen de 6 boulons de 21 mm. Des bouts de cornières fixés sur l'âme, de façon à présenter une table horizontale, servent de consoles sur lesquelles viennent s'appuyer les longerons ; d'autres cornières rivées verticalement retiennent le longeron au moyen d'un boulon.

2° *Longerons.* — Les longerons E affectent aussi la forme d'un double T : ils viennent reposer sur les consoles rivées sur la pièce de pont et sont au nombre de 5 : 2 longerons de rive, 2 longerons intermédiaires et 1 longeron central. Celui-ci présente cette particularité que l'âme du T, à son raccord avec la pièce de pont, est encastrée entre deux cornières verticales, ce qui entraîne dans le montage une manœuvre que nous décrirons plus tard.

Les poutrelles ou cales en bois sont boulonnées sur la semelle supérieure des longerons. Des rainures ont été ménagées dans ces poutrelles pour donner passage aux barres de contreventement.

3° *Barres de contreventement.* — Ce sont des barres de fer plat F qui forment une croix de Saint-André horizontale et viennent se boulonner sur la semelle supérieure aux deux extrémités des pièces de pont au moyen de deux boulons de 21 mm. Un boulon de 15 mm les réunit en leur milieu.

Plaques d'appui, d'ancrage, de dilatation. — Chaque poutre du pont repose par sa semelle inférieure sur des pla-

ques d'appui qui sont de simples plaques d'acier où un logement a été ménagé à la demande de la semelle.

Les plaques d'ancrage et de dilatation en fonte sont percées de trous permettant de les fixer sur les supports. Les unes et les autres présentent une rainure où se loge la plaque d'appui.

La plaque de dilatation diffère de la plaque d'ancrage en ce qu'elle permet à la plaque d'appui de prendre dans son logement un mouvement longitudinal, impossible dans la plaque d'ancrage.

Quand on met en place un pont, on installe des plaques d'ancrage sur le support du milieu de chaque élément et des plaques de dilatation sur les autres supports.

Jonction de deux éléments. — Quand le pont se compose de plusieurs éléments, la jonction se fait entre eux au moyen de 5 *longerons de jonction* de 0,70 m de longueur se fixant aux pièces du pont comme les longerons courants.

Apparaux.

Châssis de lançage. — Les châssis de lançage adoptés sont des châssis à balancier dont la figure 4 indique la disposition. A et B sont des cornières-guides rivées sur les joues du châssis et destinées à maintenir les poutres bien en direction pendant le lançage.

Le mouvement de propulsion est donné au pont par l'intermédiaire de l'un des rouleaux de chaque châssis au moyen d'un levier à rochet monté sur le prolongement M de l'axe des rouleaux. Afin d'obtenir une action bien égale sur chacune des deux poutres, les leviers ont reçu une longueur telle que, placés verticalement, ils dépassent le niveau des membrures supérieures et ceux qui sont situés dans le même profil du pont sont jumelés au moyen d'un tube creux passant par des anneaux qui les terminent. Des hommes marchant sur les longerons les font avancer ou

reculer ensemble d'une même quantité en agissant sur le tube creux.

Vérins. — Pour la manœuvre du pont on emploie des vérins à vis et à chariot de ripage de la force de 10 tonnes pesant environ 100 kg.

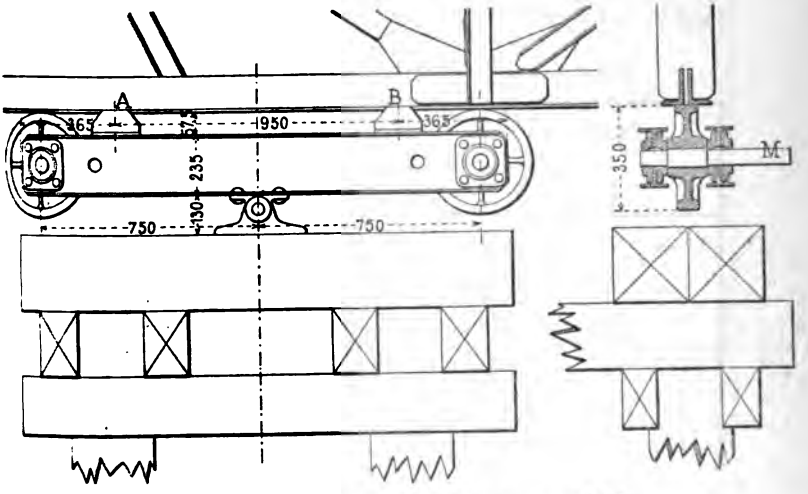


Fig. 4. — Élévation et coupe du châssis de lançage $\left(\frac{1}{25}\right)$.

Contre-fiches et goussets de lançage. — Quand on lance le pont et qu'une partie notable d'une travée est en porte à faux, les rouleaux exercent de bas en haut sur les membrures inférieures un effort qui les ferait fléchir si l'on n'augmentait leur rigidité au moyen d'un dispositif spécial. Ce dispositif consiste dans l'emploi de contre-fiches de lançage. Entre les barres de treillis on boulonne une plaque de tôle G (fig. 3), appelée *gousset de lançage*. Sur ce gousset se fixent à leur tour par une extrémité deux contre-fiches de lançage L, L, dont l'autre extrémité va s'assembler entre les cornières des membrures. Les contre-fiches de lançage ont, comme les barres de treillis, une section en U ; elles se placent à tous les panneaux, sauf aux trois premiers et aux trois derniers de

chaque élément ; elles sont démontées avec leurs goussets dès que le pont est en place.

Les tableaux ci-après donnent des renseignements complémentaires sur les divers éléments du pont Henry et sur le matériel auxiliaire et les outils employés pour son montage et sa manœuvre.

État de l'outillage employé au montage du pont.

DÉSIGNATION des OUTILS.	NOMBRE.	DÉSIGNATION des OUTILS.	NOMBRE.
Broches tournées de 38,3 mm.	24	Burettes à huile	2
— — de 23,5 mm.	24	Violes	2
— — de 21,5 mm.	40	Bayards	2
— — de 14 m	50	Tournevis	2
Clés pour écrous de 28 mm.	14	Vilebrequins	2
Clés droites pour écrous de 18 mm	12	Bâtons pour porter les colis	18
Clés coudées pour écrous de 18 mm.	12	Vérins à vis de 10 000 kg	6
Clés pour écrous de 15 mm.	4	Gros poinçons	2
Clés à douilles coudées pour écrous de 18 mm	12	Clé anglaise	1
Jauges donnant l'écartement d'axe en axe des membrures.	4	Pinces	4
Jauges de 3 m pour le réglage des calages	4	Cliquets	6
Plaques en bois pour le tracé des appuis	2	Jeux de nivelettes	2
Poinçons de 18 mm	2	Rallonges de vérins	6
Pinces de montage	12	Bidon d'huile	1
Marteaux à devant	4	Palans de 1 000 kg	2
— de chaudronnier	12	Chasse-clavettes	2
— rivoirs	8	Bidon d'essence	1
Burins	2	Tiers-point	1
Limes	2	Tubes pour le lançage	6
Cordes à main	12	Broches à tête	12
Scies	2	Cordes de 100 m	2
Haches	2	— de 60 m	1
Herminette	1	Pelles	»
Ciseaux à bois	2	Pioches	»
		Poches à boulons	»
		Gros poinçons	2
		Chiffons (kg)	15
		Chantiers de calage en bois dur de 50 × 30 × 30	»
		Coins jumelés	»

Tableau donnant la nomenclature des pièces du pont.

N° D'ORDRE.	DÉSIGNATION.	POIDS d'une PIÈCE.	NOMBRE D'HOMMES nécessaires au coltinage.
		kg	
1	Éléments de membrure du cours, corn. de 120, 80, 10. Long. 6,280 m.	95,600	3
2	Éléments de membrures extrêmes (type correspondant au bout mâle) 3,280 m	53,000	2
3	Éléments de membrures (type correspondant au bout femelle 3,460 m).	56,000	2
4	Montants verticaux	39,100	1
5	Barres de treillis	46,500	2
6	Pièces de pont	162,500	5
7	Longerons principaux. Long. 2,995 m	112,400	4
8	— intermédiaires.	114,700	4
9	— de rive	89,700	3
10	— principaux. Long. 0,595 m au raccordement des travées	25,800	1
11	— de rive	20,500	1
12	Barres de contreventement	17,700	1
13	Contre-fiches pour lançage	12,500	»
14	Goussets de lançage.	7,200	»
16	Fourrures entre les cornières de membrures . .	0,560	»
17	Tubes en fer	0,840	»
21	Abouts de membrures, corn. de 120, 80, 10. Long. 0,460 m	6,600	»
22	Abouts de membrures, corn. de 120, 80, 10. Long. 0,280 m	6,600	»
24	Plaques de dilatation en fonte	67,600	2
25	Plaques d'ancrage	70,000	2
26	Plaques d'appui.	16,400	»
	Boulons.		
	Boulons de 38 × 152 dit gros boulons longs .	1,985	»
	— de 38 × 124 — — courts .	1,730	»
	— de 23 × 55 dit boulons de 23 courts .	0,357	»
	— de 23 × 65 — — longs .	0,400	»
	— de 21 × 67	0,395	»
	— de 18 × 292	0,694	»
	— de 15 × 37	0,145	»
	Total.	. . . . .	33

CHAPITRE II.

ÉTUDES PRÉLIMINAIRES A GIVORS.

Le matériel du pont du lieutenant-colonel Henry, en raison de sa nouveauté, était inconnu aux hommes qui allaient avoir à le mettre en œuvre. Il n'existait qu'une instruction générale sur son montage, son démontage et son lancement. La construction n'étant pas achevée, on ne pouvait songer à en envoyer une partie à Versailles, pour l'étudier, et ensuite à la ramener sur le Var : cela eût demandé trop de temps et cependant il était indispensable de préparer au moins quelques gradés et quelques hommes, à encadrer les équipes des ateliers qui devaient opérer à Manda.

Pour atteindre ce but, on fit partir de Versailles, le 18 juin, pour Givors, où s'exécutait le pont[1], un détachement composé de 2 officiers, 2 sous-officiers, 4 caporaux et 6 hommes. Ce détachement séjourna 3 jours à l'usine. Pendant ce temps on put monter et démonter un tronçon de 50 m de longueur, étudier et fixer la composition des équipes destinées à exécuter chacune des opérations successives du montage, expérimenter le lancement à bras que le calcul faisait considérer comme possible et sans danger; déterminer l'outillage nécessaire ; enfin rédiger une instruction détaillée destinée à être mise entre les mains des gradés qui n'avaient pû être amenés à Givors.

Des études faites à Givors résulta une évaluation de la durée probable de l'opération à Manda, que le personnel de l'usine considéra comme très optimiste et qui fut pleinement justifiée par l'expérience.

Dans la fixation des équipes et la rédaction de l'instruc-

1. La Compagnie de Fives-Lille fit exécuter, en 33 jours, dans ses ateliers de Givors, le pont Henry, dont le matériel entier pesait 200 tonnes.

tion, on chercha toujours à appliquer les deux principes suivants :

1° Obtenir le maximum de vitesse en employant à la fois autant d'hommes que possible sans dépasser la limite au delà de laquelle l'accumulation de personnel devient une gêne et par suite une cause de lenteur;

2° Donner, autant que possible, à toutes les équipes des tâches de durée équivalente, afin d'éviter des chômages sur le chantier et, par conséquent, d'obtenir le rendement maximum.

L'instruction comprenait six chapitres :

1° Description du pont ; 2° transport du pont ; 3° préparation de la plate-forme ; 4° arrimage du matériel ; 5° montage et lancement ; 6° retrait et démontage.

Nous avons déjà fait la description du pont, nous parlerons plus loin de son transport de l'usine à Manda, nous allons faire connaître ici les dispositions essentielles de l'instruction relatives à la préparation de la plate-forme, à l'arrimage, au montage et au lancement. Quant au retrait et au démontage du pont, ce sont exactement les opérations inverses du montage et du lançage, nous n'en parlerons donc pas, d'autant plus que les prescriptions rédigées à cet égard n'ont pas été appliquées lors du relèvement de la passerelle ; le lit du Var étant à sec, il a été possible d'agir d'une façon toute spéciale.

PRÉPARATION DE LA PLATE-FORME.

La préparation de la plate-forme se fait une fois pour toutes au début de l'opération[1] et comporte les dispositions suivantes :

Tracé des axes. — La plate-forme étant nivelée, on trace,

1. Il faut bien déranger les chantiers de calage au moment du lançage, mais, leur emplacement n'étant pas modifié, quelques hommes les remettent très vite en place à mesure que la plate-forme se dégage, sans que cela constitue une opération spéciale.

tant sur cette plate-forme que sur les palées, l'axe du pont et les axes des membrures.

L'axe du pont est déterminé avec un éclimètre et est représenté matériellement par un cordeau tendu; les axes des membrures sont représentés par deux autres cordeaux que l'on tend à distance convenable du premier au moyen de trois traits A, B, C, marqués sur une règle ou gabarit A, B, C (fig. 5).

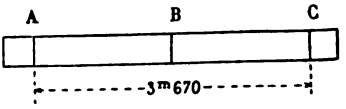


Fig. 5. — Gabarit d'écartement des membrures.

INSTALLATION DES CHASSIS DE LANÇAGE ET DES CHANTIERS DE CALAGE.

La répartition des châssis de lançage le long de la plate-forme de montage est faite conformément à la figure 6, en

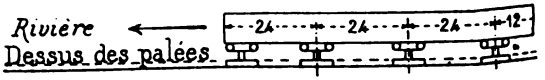


Fig. 6. — Répartition des châssis de lançage.

supposant un tronçon de pont de 84 m, en 4 travées de 21 m.

On commence par établir à l'emplacement de chaque châssis une plate-forme en madriers ou en traverses nivelées à hauteur du dessus des chapeaux des palées. Cette plate-forme doit pouvoir supporter une charge de 6 tonnes sans fléchir. Cela fait, on détermine rigoureusement la position du châssis au moyen d'un gabarit, qui n'est autre chose que le rectangle circonscrit à sa base et sur lequel on a tracé l'axe du châssis et sa perpendiculaire. On installe le gabarit de façon que le cordeau couvre la ligne de foi et on marque son contour sur la plate-forme. Il n'y a plus qu'à mettre le châssis en place.

On transporte également les châssis disponibles sur les palées où l'on a repéré leur emplacement au moyen d'un trait.

On a soin de faire chevaucher de 0,20 m environ les châssis d'une même palée[1] et de caler chacun d'eux au moyen d'un tasseau cloué sur le chapeau.

On repère également sur les palées, à l'aide d'un gabarit, l'emplacement des plaques d'appui du pont.

Pour installer les chantiers de calage, on commence par marquer les extrémités du pont au moyen de deux fiches placées dans un plan perpendiculaire à son axe ; à l'aide d'une règle de 3 m on marque sur le sol, à partir de ces extrémités, l'emplacement des chantiers de calage, dont l'axe doit être sensiblement dirigé suivant le cordeau axe des membrures.

Le nivellement rigoureux des chantiers est obtenu très simplement avec des coins jumelés et un jeu de niveletes. Les chantiers doivent être nivelés à hauteur des rouleaux des châssis de telle façon que les membrures inférieures viennent reposer sur les rouleaux eux-mêmes.

Il est essentiel que les chantiers de calage et les châssis de lançage aient leur face supérieure rigoureusement dans un même plan horizontal.

Si on néglige cette précaution, le boulonnage sera rendu très difficile et on se verra obligé, pour amener la coïncidence des trous de boulons, de relever ou d'abaisser localement les joints successifs au moyen du cric.

---

1. On ne met pas les châssis d'une même palée rigoureusement l'un en face de l'autre par la raison suivante : Pendant le lançage, quand l'extrémité d'une poutre est en porte à faux de la longueur d'une travée, elle a pris une flèche verticale légèrement supérieure à l'abaissement que le balancier du châssis permet au rouleau qu'elle va attendre. Il en résulte que, pour engager la poutre sur ce rouleau, il faut déployer un effort analogue à celui qui serait nécessaire pour faire remonter son extrémité sur un plan incliné. Si les deux poutres atteignent ensemble le châssis, l'effort nécessaire à l'instant de l'engagement est presque double de celui dont on a besoin, si les deux poutres s'engagent successivement. Il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à opérer ainsi dans le cas actuel.

Le tableau ci-après résume les opérations de la préparation de la plate-forme et donne le nombre d'hommes, le matériel et le temps nécessaires à cette opération.

ÉQUIPES.	NATURE du TRAVAIL.	NOMBRE des gradés.	NOMBRE des hommes	MATÉRIEL.	TEMPS. min.	OBSERVATIONS.
1	Tracé des axes.	1	2	1 éclimètre. 1 mire. 3 cordeaux. 6 pinces. 4 gabarits. Bateau monté, s'il y a lieu. 1 équerre d'arpenteur.	30	Cette équipe trace les axes, détermine les placements des châssis de lançage des chantiers de calage, des plaques d'appui. Puis elle passe équipe 4.
2	Transport des châssis.	1	12	Bateau monté s'il y a lieu. Commandes. 2 leviers-tubes. 1 grand levier.	»	
3	Confection des plates-formes.	»	4 x 3	6 traverses ou madriers. 1 pelle. 1 pioche. 4 coins jumelés.	25	Les matériaux sont supposés approvisionnés à pied d'œuvre.
4	Nivellement des plates-formes.	1	2	1 jeu de nivelettes.	»	Ancienne équipe 1.
5	Mise en place des chantiers de calage.	»	2 x 2	2 chantiers 0,50 /0,30/0,30. 2 coins jumelés.	5	Les matériaux sont supposés à pied d'œuvre.
6	Nivellement des chantiers.	1	2	1 jeu de nivelettes.	5	
	Totaux. .	4	34			

ARRIMAGE DU MATÉRIEL.

L'arrimage a pour but de disposer d'une façon méthodique à pied d'œuvre sur la plate-forme les pièces qui doivent composer le pont.

Il est opéré sous la surveillance d'un sous-officier muni d'un croquis d'arrimage (fig. 7) et d'un plan de repérage.

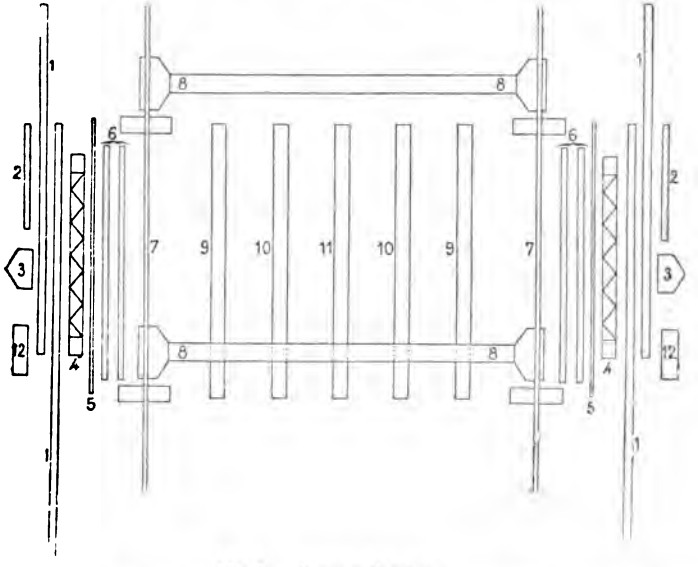


Fig. 7. — Croquis d'arrimage.

Légende : **1, 1,** membrures inférieures; 2, 2, contre-flèches de lançage; **3, 3,** goussets de lançage; 4, 4, montants; 5, 5, barres de contreventement; 6, 6, barres de treillis; **7, 7,** membrures inférieures posées sur les chantiers de calage; 8, 8, pièces de pont; **9, 9,** longerons de rive; 10, 10, longerons intermédiaires; 11, longeron central ou principal; 12, 12, boulons, fourrures, pièces spéciales d'abouts.

Un sous-officier est préposé à la distribution du matériel, un gradé au mouvement sur la plate-forme. Les équipes entrent par la droite et sortent par la gauche rigoureusement dans l'ordre d'arrivée des pièces indiqué dans le tableau ci-après.

TABLEAU.

Tableau donnant la composition des équipes de coltinage pour l'arrimage d'un demi-panneau.

ÉQUIPES.	NATURE du TRAVAIL.	NOMBRE de gradés.	NOMBRE de hommes	MATÉRIEL.	OBSERVATIONS.
	Distribution du matériel. .	1		Plan de repérage	
	Répartition du matériel . .	1		Croquis d'arrimage.	
1	Coltinage d'un gousset et de deux contre-fiches . .	»	2		
2	— deux membrures supérieures	»	8		
3	— montants.	»	2		
4	— 1 barre de contreventement.	»	1		
5	— 2 barres de treillis . .	»	4		
6	— 2 barres, deux membrures inférieures.	»	8		
7	— 2 barres, un long. de rive	»	3		
8	— 2 barres, un long. de rive intermédiaire	»	4		Cette équipe porte alternativement l'une ou l'autre pièce.
9	— 1 longer. central ou pièce de pont.	»	6		
	Direction du mouvement sur la plate-forme et vérification	1	»	Plan de repérage et croquis d'arrimage.	
	Trois caisses de boulons . Fourrures et tubes. . . . Plaques d'appui, etc. . . .	1	4		A répartir par travées de 21 m.
	Totaux. . .	4	42		

PROCÉDÉS DE MONTAGE ET DE LANÇAGE DU PONT HENRY.

Montage.

Le montage du pont est fait par un atelier de 70 hommes dirigés par un officier et surveillés par 3 sous-officiers. Cet atelier se divise en 15 équipes dont les 11 premières travaillent au montage proprement dit et se suivent dans l'ordre indiqué ci-après (tableaux des pages 657 et 658 et figure 8).

Équipe 1. — Dispose sur les chantiers de calage les cours des membrures inférieures. Son travail étant très rapidement fini, elle devient équipe 5.

Équipe 2. — Assemble les barres de treillis et les montants avec les membrures inférieures. Les deux montants étant maintenus chacun par 2 hommes dans la position qu'ils doivent occuper, deux boulonneurs assurent provisoirement l'assemblage au moyen d'une petite broche (1), d'une grande broche (2), puis l'invariabilité étant ainsi acquise, enfoncent à loisir les boulons (3) et (4); enfin, remplacent la broche (2) par un boulon et enlèvent la broche (1).

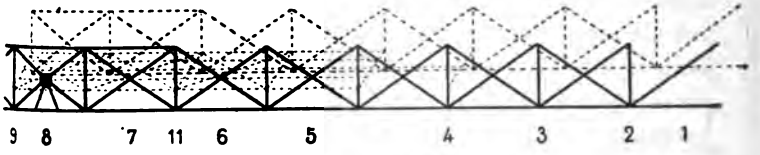


Fig. 8. — Répartition des équipes.

Équipe 3. — 2 hommes armés de pinces redressent le pont dans le sens horizontal. Sans cette précaution la pose du contreventement serait impossible. 2 hommes munis de crics à main soulèvent les joints qui ont fléchi pour faciliter la tâche des boulonneurs des membrures supérieures.

Équipe 4. — Cette équipe place simultanément les pièces de pont et le longeron central. 4 hommes engagent l'extrémité du longeron dans le logement qui lui est préparé entre deux cornières de la pièce de pont précédente et la maintiennent dans cette position.

Puis la pièce de pont suivante est soulevée par 6 hommes de façon à engager de la même manière l'autre extrémité du longeron dans son logement ; cela fait, deux boulonneurs fixent la pièce de pont sur les montants à l'aide de deux boulons seulement.

Équipe 5. — Place les longerons intermédiaires et

de rive sur les cornières-consoles fixées aux pièces de pont.

Équipe 6. — Place les barres de contreventement.

Équipe 7. — Met en place les membrures supérieures ; 6 hommes autant que possible de même taille soulèvent la membrure de terre et la tiennent à bout de bras, les bras verticaux. 4 hommes placés sur le pont la reçoivent et la mettent en place.

Équipe 8. — Boulonne les goussets et les contre-fiches de lançage.

Équipe 9. — Cette équipe boulonne les membrures supérieures, travail analogue à celui de l'équipe 2, mais les différentes pièces de l'assemblage n'ont pas besoin d'être maintenues. C'est néanmoins un travail difficile. Si par suite des travaux antérieurs l'horizontalité des chantiers de calage a été détruite, il faut alors recourir immédiatement au cric pour la rétablir, sans quoi le travail devient très pénible, presque impossible et l'on perd beaucoup de temps.

Équipe 10. — Boulonne les fourrures des membrures supérieures [1].

Équipe 11. — Achève le boulonnage des longerons et des pièces de pont.

Les 4 dernières équipes sont composées de servants, sauf l'équipe 14 dont le rôle a une importance qu'il est inutile de faire ressortir ; elles ont les fonctions suivantes :

Équipe 12. — Distribue les boulons des diverses pièces et les répartit suivant les besoins.

Équipe 13. — Graisse les boulons et s'assure que l'écrou se dévisse aisément. Cette dernière opération est nécessaire pour éviter des pertes de temps.

---

1. Ces fourrures sont de simples rondelles qui se mettent entre les membrures supérieures au point où se boulonnent dans les membrures inférieures les contre-fiches de lançage et en augmentent la rigidité.

Composition des équipes de montage.

NUMÉROS des équipes.	NATURE du TRAVAIL.	NOMBRE des gradés.	NOMBRE des hommes	TEMPS minimum. min.	MATÉRIEL.	OBSERVATIONS.
1	Membrures infer.	»	2 × 3	»		Équipe 1 passe équipe 5.
2	Treillis montants.	1	2 × 6	5	2 marteaux. 2 pinces. 2 grosses clés. 2 grosses broches. 2 sacs à clameaux. Petite broche. Boite à graisse.	2 boulonneurs, 4 servants. Cette équipe ayant fini la première, sera immédiatement employée au décalage de la partie avant du pont. Cette observation est d'ailleurs générale.
3	Dresseurs. . . .	1	4	»	2 pinces. 2 crics à main.	
4	Pièces de pont. .	»	10	3	1 pince. 1 broche. 1 petite clé. 1 marteau.	2 boulonneurs. Équipe 4 passe équipe 7.
5	Longerons. . . .	»	6	5	2 pinces. 2 broches. 2 marteaux. 2 clés. 2 sacs à clameaux.	Ancienne équipe 1. 4 hommes aux longerons. 2 hommes boulonnent les longerons de rive à 2 boulons seulement.
6	Contreventement.	1	3	4	2 pinces. 2 broches. 2 marteaux. 2 clés. 2 sacs à clameaux.	
7	Membrures supér.	»	10	2	3 pinces. 1 marteau.	Demande 6 hommes de même taille autant que possible.
8	Boulonnage des goussets.	»	2 × 2	10	2 pinces. 2 broches. 2 marteaux. 2 clés. 2 sacs à clameaux.	
9	Boulonnage des membrures sup.	»	2 × 4	10	4 grandes clés. 4 grosses broches. 2 petites broches. 4 marteaux. 2 pinces. 1 petit cric portatif.	8 boulonneurs.
10	Boulon. des fourr. des membr. sup.	»	»	5	1 petite clé. 1 pince ou ciseau. 1 broche. 1 marteau. 1 sac à clameaux.	
	A reporter. .	3	63			

NUMÉROS des équipes.	NATURE du TRAVAIL.	NOMBRE des gradés.	NOMBRE des hommes	TEMPS minimum. min.	MATÉRIEL.	OBSERVATIONS.
	Report . .	3	63			
11	Boulonnages des longerons et des pièces de pont.	»	4		4 pinces. 4 broches. 4 marteaux. 4 clés. 4 sacs à clameaux.	
12	Distribution. . .	»	2 x 1		1 sac à clameaux. Instructions.	
13	Graisseur. . . .	»	1		1 burette à huile.	
14	Vérific. du serrage.	»	2		2 clés. 1 petite. 1 grosse.	
15	Mise en ordre du léger matériel.	»	1			
	TOTAUX . .	3	73			

Équipe 14. — Vérifie avec soin le serrage de tous les boulons.

Équipe 15. — Range le menu matériel ou recueille les outils qui auraient pu rester en arrière.

Le tableau précédent résume et complète les renseignements relatifs au travail des diverses équipes et au temps minimum que chacune met à exécuter sa tâche.

Décalage.

Les équipes qui ont terminé leur travail sont immédiatement employées au décalage qui consiste à soulager le pont au moyen des vérins, à écarter légèrement les coins jumelés qui le supportent et à le laisser reposer sur les rouleaux, puis à déplacer les chantiers de calage sur lesquels viendraient heurter les extrémités postérieures des poutres en porte à faux pendant le mouvement en avant si on laissait ces chantiers en place.

Les vérins doivent être installés dans l'axe des pièces de pont. Le pont peut être décalé et placé sur les rouleaux de lançage pendant que les vérificateurs du serrage achèvent leur tâche.

Lançage.

Nous avons dit, en décrivant le pont du Var, que le lançage devait se faire au moyen de leviers à rochet. Mais ce procédé est très lent. Il faut 2 heures au moins pour faire avancer un élément de pont de 84 m de sa propre longueur et par conséquent pour dégager la plate-forme. On est donc obligé de perdre 2 heures au moins entre le montage de deux éléments successifs, ce qui retarde d'une manière très sensible, dans le cas d'un cours d'eau un peu large, le moment où le pont pourra être livré à la circulation. Avec le matériel léger qui nous occupe il était possible d'opérer beaucoup plus rapidement et de pousser simplement à bras, en avant, chaque tronçon de pont. Il est facile de voir, en effet, en calculant la résistance au mouvement de ce tronçon, que si l'on y attelle 50 hommes l'effort à faire par chacun d'eux, pour lui donner l'impulsion ou pour l'arrêter lorsqu'il marche à une vitesse de 10 m par minute environ, est extrêmement faible, et que par suite ce mode d'opérer ne présente ni difficulté ni danger.

Il fut donc adopté, au moins pour le dégagement de la plate-forme qui put être ainsi effectué en 30 minutes environ. La plate-forme libre, on pouvait employer la propulsion au moyen de leviers ou continuer le halage rapide à l'aide d'une corde qui, fixée à l'extrémité antérieure du pont, allait passer dans la gorge d'une poulie attachée au chapeau de l'une des palées situées en avant et revenait sur le tablier où elle était tirée par les hommes marchant en sens inverse du mouvement du pont[1].

1. Le halage à la corde a été employé à Manda et a bien réussi ; toutefois on n'avait pas mis de poulie de renvoi. Le lit du fleuve étant à sec, les hommes cheminaient en avant du pont.

Pour la propulsion à bras d'un tronçon de tablier, les hommes sont répartis en nombre égal entre les deux poutres et se placent soit à l'extérieur si la plate-forme est assez large, soit à l'intérieur, dans le cas contraire.

Lors du mouvement en avant de la dernière travée, ils se serrent à l'arrière autant que possible. Ceux qui ne trouvent pas place se portent par le pont sur les trois palées déjà franchies et aident dans la limite du possible, en agissant successivement sur les montants et les barres des treillis. La simultanéité des efforts s'obtient aisément en commandant la manœuvre au sifflet.

Si le halage doit continuer à la corde, quelques hommes la fixent à l'avance dans l'axe du pont et un bateau va attacher la poulie en avant à la palée convenable.

Pendant le décalage on envoie sur chaque palée 2 hommes munis de pinces. Ils ont pour mission de faciliter l'engagement des poutres sur les rouleaux. Si les bouts de poutres n'arrivent pas bien en face des rouleaux, on corrige l'erreur par un léger ripage au vérin à chariot opéré à l'arrière du pont ou par un déplacement convenable des châssis d'arrivée. A mesure que la plate-forme se dégage, 10 hommes restés disponibles remettent en place les chantiers de calage de telle sorte que l'arrivage et le montage d'un nouvel élément puissent commencer sans retard[1].

Le tableau ci-après donne la composition des équipes pour le décalage et le halage au moyen des leviers, et la durée des opérations.

---

1. La manœuvre du lançage, telle qu'elle vient d'être décrite, suppose que l'on a pu installer à l'avance des châssis sur les palées, ce qui exige que les engins soient en nombre assez considérable : c'est en effet une condition nécessaire de la rapidité de mise en place du pont. Si, lorsque le bout d'une poutre arrive au-dessus d'une palée, celle-ci n'est pas munie de châssis, il faut caler le pont, aller prendre à l'arrière une paire de châssis libres, les faire passer par le pont, les descendre à l'avant sur la palée et le substituer au calage. L'opération demande au moins 1 heure et se renouvelle à toutes les palées ; elle constitue une perte de temps considérable. On verra plus loin quelle a été son influence à Manda.

NUMÉROS des équipes.	NATURE des TRAVAUX.	NOMBRE des gradés.	NOMBRE des hommes	TEMPS. min.	MATÉRIEL	OBSERVATIONS.
1	Mise en place des vérins.	1	16		8 vérins.	Anciennes équipes 2, 3, 12 et 13. Les 8 vérins sont placés sur le pont quand il a été mis sur les rouleaux de halage.
2	Décalage.	»	6	25		Ancienne équipe 5. (Longerons.)
3	Halage avec les leviers.		16			L'avancement est de 40 m en une heure.

Mise en place.

Quand un tronçon de 84 m est amené au-dessus de l'emplacement qu'il doit occuper, on le soulève légèrement avec 8 vérins, on le cale dans cette position et on retire les châssis de lançage.

Ces châssis sont remplacés par les plaques d'appui et les plaques d'ancrage ou de dilatation.

Puis la descente s'effectue avec les vérins en ayant soin de tenir le calage très près du pont.

L'ossature métallique étant en place, le tablier en bois se pose d'après la méthode de pontage usitée dans le génie, et des poutrelles de guindage formant garde-roues sont clouées sur les madriers.

CHAPITRE III.

TRANSPORT ET CONSTRUCTION SUR LE VAR.

Chargement sur wagons à la gare de Givors.

Le chargement du matériel de pont sur wagons fut exécuté à Givors par les ouvriers de l'usine.

Les wagons employés étaient des wagons-tombereaux que l'on chargeait à 10 tonnes, soit avec une travée entière de 21 m, boulons et accessoires non compris. Les pièces robustes étaient placées en dessous, les pièces les plus légères reposaient par-dessus.

Chaque travée était complètement arrimée sur truc en 1 h 1/4 par une équipe de 20 hommes.

Un wagon reçut les caisses de boulons et de fourrures, un autre porta les apparaux tels que châssis de lançage, plaques d'appui, leviers ou cliquets, etc.

L'ensemble du pont formait un train de 19 wagons pesant 210 tonnes.

Déchargement du train à la station du Var.

Le train de matériel arrivait en gare du Var le 29 juin, à 11 heures du matin, et était rangé le long du quai militaire. Une section du génie (30 hommes) et un peloton d'infanterie (60 hommes) devaient opérer le transbordement sur voitures qui commença le 30 à 7 heures du matin.

Ces 90 hommes étaient répartis en 3 équipes égales affectées chacune à un wagon.

Les 7 panneaux que contenait chaque wagon étaient chargés sur 4 charrettes. Les 3 premières recevaient 2 panneaux, soit 3 tonnes, la 4e le panneau restant, soit 1 1/2 tonne ; on complétait son chargement à 3 tonnes avec des

caisses de boulons. 2 hommes étaient montés sur chaque voiture, 4 hommes dans le wagon, les autres affectés au transbordement des pièces, venaient se ranger à la gauche du wagon en file indienne.

Un caporal, au vu de la pièce à enlever, désignait le nombre d'hommes nécessaires à son coltinage. Ces soldats prenaient la pièce, s'écoulaient par la droite, et la pièce chargée, venaient se ranger à la gauche.

Un sous-officier surveillait l'ensemble du mouvement. Les équipes étaient d'ailleurs mises à la tâche, afin d'obtenir la plus grande rapidité possible.

Les voitures chargées étaient expédiées au fur et à mesure sur Manda en face de Gattières.

Une heure suffisait au déchargement d'un wagon.

Construction et lançage.

Pendant que s'opérait le déchargement, la compagnie du génie avait gagné Manda en face de Gattières, à 10 km de l'embouchure du Var.

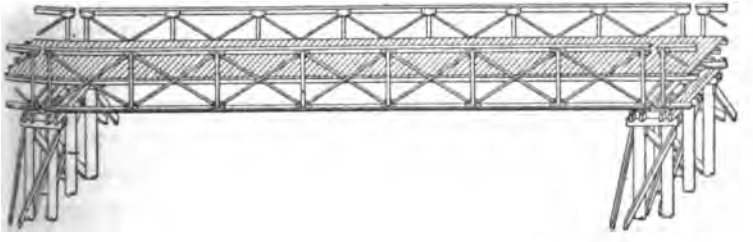


Fig. 9. — Ensemble d'une travée mise en place. Vue perspective.

Là, elle trouvait 17 palées en pilotis qui avaient été établies précédemment par les soins de la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, pour recevoir le tablier du pont mobilisable partagé en 5 tronçons, 3 de 84 m et 2 de 63 m.

Chacune de ces palées était composée de 8 pilots disposés conformément à la figure 9. 6 pilots placés sur 2

files de 3 et dont les têtes étaient réunies par des cours de moises devant supporter le pont. 2 pilots réunis aux autres par des écharpes formaient éperon.

Les palées avaient été battues au moyen d'une sonnette à vapeur système Decourt-Lecourt. La durée moyenne de l'enfoncement d'un pilot à $4^m,50$ de fiche dans le lit très résistant du fleuve formé de gros cailloux roulés, avait été de 2 heures, y compris la mise en fiche et le ripage de la sonnette.

Chaque palée avait en somme nécessité environ 16 heures de travail, on peut donc admettre que dans des circonstances normales et avec 4 sonnettes, l'établissement des 18 palées n'aurait pas pris plus de 48 heures.

Outre les palées, il avait été préparé sur la rive gauche du fleuve un pont de service de 63 m, et sur la rive droite une plate-forme de montage en remblai de 95 m de long.

D'après le projet, l'opération devait commencer à la fois sur les deux rives.

Toutefois, comme la route d'accès du chantier est sur la rive gauche, on avait installé pour le transport des matériaux à travers le fleuve entre la rive gauche et la plate-forme de montage (rive droite) un câble métallique sur lequel roulait une benne, mue par une locomobile.

Une voie Decauville employée aux travaux du viaduc et posée dans le lit du Var, alors complètement à sec, pouvait aussi être utilisée pour le transport des éléments du pont[1].

---

1. Bien que ces engins soient complètement indépendants du pont, il paraît intéressant de faire connaître les résultats donnés par l'emploi du câble suspendu et de la voie Decauville. Avec une benne susceptible de recevoir 600 kg au plus, le câble a permis de transporter à une distance moyenne de 400 m 1 200 kg par heure. Avec 5 wagonnets, le Decauville, employé à voie simple sans garage intermédiaire, a suffi au transport à la même distance de 8 500 kg par heure. Le faible rendement du câble utilisé pour un transport horizontal était prévu. Ce n'est pas un motif suffisant pour le rejeter, dans tous les cas. Dans la circonstance actuelle, si une crue subite du Var avait eu lieu, en raison de la violence du courant, ce câble eût été le seul moyen possible de transbordement d'une rive à l'autre.

Les premières voitures chargées au Var arrivèrent à Manda le 30 juin, à 11 heures du matin. Elles portaient du matériel accessoire et des éléments destinés à être transportés sur la rive droite, on avait eu soin de réserver le tronçon de tablier de 105 m à monter sur la rive gauche pour les dernières voitures qui n'atteignirent le chantier que le 2 juillet à 8 heures du matin.

Le matériel fut déchargé dans un temps sensiblement égal à celui qu'avait pris le chargement au Var.

La mise à pied d'œuvre des éléments était terminée le 2 à 11 heures du matin et le montage commençait à 2 heures de l'après-midi.

L'opération, a-t-on dit, devait être exécutée sur les deux rives à la fois, par des ateliers travaillant jour et nuit et se relevant de 6 heures en 6 heures. Chaque homme fournissait ainsi 12 heures de travail sur 24. En réalité, on ne put monter ainsi que pendant le premier jour, attendu que l'outillage envoyé par l'usine se trouva insuffisant pour deux ateliers de montage. On verra plus loin que, même avec un outillage suffisant, l'effectif des 2 compagnies n'était pas assez nombreux pour permettre d'opérer dans les conditions prévues.

Le 2 juillet, à 4 heures du soir, 3 travées de la rive gauche étaient montées, 4 travées de la rive droite étaient arrimées pour le montage. C'est à ce moment qu'il fallut renoncer au travail simultané sur les deux rives. A 6 heures, les 3 travées de la rive gauche étaient lancées et l'on procédait à leur descente sur plaques d'appui et à l'arrimage de 2 travées destinées à compléter le tronçon de tablier de 105 m. Dans la nuit, ces 2 travées étaient montées et l'on posait le platelage complet de 5 travées. Tout travail était terminé sur la rive gauche le 3 juillet, à 6 h. 1/2 du matin.

On achevait à ce moment de transporter l'outillage sur la rive droite où le montage du premier tronçon de 84 m commençait à 7 heures. Ce tronçon était monté à 10 heures

et l'on procédait à la descente sur châssis de lançage[1], quand, par suite de la rupture d'un calage en bois placé sur sa tête, l'un des vérins qui supportaient le pont se déversa, l'élément s'inclina de son côté, entraînant les autres vérins dans son mouvement et, décrivant un arc de cercle autour de leur pied, renversa les chantiers de calage et tomba sur la plate-forme en se déplaçant latéralement de 1 m en moyenne. Une partie de la poutre de la rive d'amont se trouvant en porte à faux amena en même temps une torsion assez notable de l'ensemble du tronçon. On procéda immédiatement au redressement, au ripage et au relèvement du pont. L'opération fut délicate et longue.

On ne put la confier qu'aux sapeurs, ce qui leur causa un excès de fatigue et força à interrompre le travail pendant la nuit du 3 au 4 juillet.

Il reprit le 4, à 4 heures du matin. A 10 h 1/2, on procédait au lançage, à 11 heures la plateforme était dégagée et l'arrimage du deuxième élément de 84 m commençait pendant que la propulsion du premier continuait lentement à l'aide des déclics.

A partir de ce moment, l'opération se poursuivait très régulièrement sans autre interruption que celles nécessaires au repos des hommes. Il fut en effet impossible de s'en tenir strictement au programme, qui comportait un travail continu de jour et de nuit, pour les raisons suivantes :

1° Le nombre des châssis de lançage envoyé spar l'usine

---

1. On s'étonnera peut-être du terme : *descente sur châssis*, après qu'il a été dit que l'instruction sur la manœuvre du pont prévoyait des chantiers de calage de hauteur telle que les membrures inférieures puissent reposer sur les rouleaux. C'est pourtant bien une véritable descente qui s'exécutait, parce que les chantiers fournis par la Compagnie des chemins de fer du Sud avaient été tirés par économie de bois que cette Compagnie possédait déjà et n'avaient que 0,30/0,30 m au lieu de 0,40/0,40 m, dimension demandée. On avait, par suite, été obligé d'en superposer deux et il fallait, après montage, descendre le pont de 0,20 m pour le faire reposer sur ses rouleaux de lançage. Il résulte d'ailleurs, de cette opération, une perte de temps dont il y aura lieu de tenir compte plus loin.

était moindre que celui qui avait été commandé, par suite il fallut presque constamment, après avoir fait avancer de 21 m un tronçon du tablier, prendre à l'arrière les châssis devenus libres pour les porter à l'avant[1].

Or, la durée du franchissement d'un intervalle de travée ne dépassa pas 10 minutes et fut même réduite à 3 minutes notamment dans le lançage du dernier élément, tandis que le transport d'une paire de châssis prenait une heure en moyenne. Il en résulta dans la durée totale du lancement une perte de temps qui se traduisit par le maintien sur le chantier d'un très grand nombre d'hommes dont le temps était mal utilisé par suite de l'intermittence du travail;

2° Par suite de l'insuffisance des clefs à boulons, il fut perdu à la fin de chaque montage d'un tronçon, pour le boulonnage et la vérification du serrage, une heure en moyenne;

3° Une troisième cause de maintien sur le chantier d'un nombre d'hommes supérieur à celui qui aurait permis l'exécution complète du programme était l'insuffisance du nombre de contre-fiches et de goussets de lançage. Si leur nombre eût été assez grand pour permettre d'en munir tous les éléments du pont, on eût pu terminer le travail sans être obligé d'en déboulonner une partie pour la reporter ailleurs, le démontage se fût fait seulement après la livraison du pont à la circulation.

Ainsi, l'insuffisance du matériel de montage entraînait ou du moins aggravait l'insuffisance de l'effectif des travailleurs.

Néanmoins, le dernier tronçon du pont était lancé le 5 juillet, à 6h56 du soir. La pose du platelage, la descente sur plaques d'appui et le dressage définitif s'exécutaient pen-

1. Il n'y eut d'exception que pour le lançage de la travée de 105 m, le commencement du lançage de la deuxième et le lançage de la dernière.

dant la nuit du 5 au 6 et tout travail était terminé le 6, à 1 heure du matin.

Temps minimum. — Si l'on fait abstraction du temps consacré à réparer l'accident arrivé le 3 juillet, la durée totale du montage et du lancement ressort à 52 heures.

Mais il y a lieu de déduire de ce chiffre :

1° Le temps employé à transporter les outils d'une rive à l'autre, après le montage de l'élément de 105 m, temps qu'un outillage suffisant eût permis d'épargner	1 heure.
2° Le temps perdu à descendre le pont sur châssis et que des chantiers de calage de hauteur convenable eussent économisé.	3 heures
3° Le retard apporté au lançage de la dernière travée par suite de l'insuffisance du nombre des châssis de lançage	4 —
4° Le retard apporté à la vérification du serrage par l'insuffisance du nombre des clefs à boulons	4 —
Soit au total.	12 heures

Ainsi, si l'on avait pu disposer de l'outillage demandé et de chantiers de calage bien appropriés, l'opération n'eût exigé que 40 heures de travail, durée que l'on peut considérer encore *comme un maximum* si l'on tient compte de ce que, sur les 200 travailleurs environ qui ont pris part à la manœuvre 12 seulement avaient été exercés pendant 2 jours, et 100 étaient des hommes d'infanterie nullement préparés à des travaux de ce genre.

On peut d'ailleurs se faire une idée du temps minimum qu'il serait possible d'atteindre en prenant les chiffres les plus faibles obtenus pour les diverses phases de l'opération.

On a employé en effet :

	heures.	min.
A l'arrimage du 2e tronçon de 84 m.	2	
Au montage.	3	
Au décalage (descente déduite).		20
Au lançage du dernier tronçon		12
Total	5	32

pour la mise en place de 84 m de tablier.

On a en outre mis pour la pose du platelage, la descente et le dressage du pont (travail de nuit) 4 heures, ce qui donnerait, en tenant compte de ce que le tronçon du côté de la rive gauche avait 5 travées au lieu de 4, une durée totale de l'opération de 27 heures 25 minutes.

La différence entre ce temps minimum et le temps réel (40 heures) tient, d'une part, à ce que le travail a été fait la nuit [1] ; de l'autre, à ce que le rendement a diminué sensiblement à la fin de l'opération par suite de la fatigue des hommes.

Conditions assurant le maximum de rapidité. — Si l'on se demande maintenant quelle organisation il eût été convenable de donner au chantier et quel effectif et quel outillage auraient été nécessaires pour opérer le montage du pont du Var dans les meilleures conditions possibles de rapidité, la réponse est facile à formuler :

1° De la durée du travail sur les deux rives, il ressort clairement qu'on aurait dû monter 2 tronçons sur chaque rive, le tronçon de 105 m restant sur la rive gauche.

La crainte d'encombrer la route avait conduit à la répartition désavantageuse qui avait été adoptée ;

Il eût fallu un nombre de châssis de lançage égal au nombre de palées comprises entre le pont de service de la rive gauche et la plate-forme de la rive droite, augmenté

1. Malgré le bon éclairage du chantier par le lucigène, le rendement du travail de nuit n'a été que le quart de celui du travail de jour.

de 10[1] destinés à rester sous les éléments en montage, soit au total 28 châssis au lieu de 16 ;

3° Le nombre des clefs à boulons aurait dû être environ le triple de celui qui fut livré par l'usine faute de temps, savoir :

30 clefs pour écrous de 28 mm ;

40 clefs droites pour écrous de 21 mm ;

8 clefs droites pour écrous de 15 mm ;

40 clefs à douilles coudées de 21 mm ;

40 clefs coudées pour écrous de 21 mm ;

4° Le nombre des vérins aurait dû être de 16 ;

5° Il eût fallu une quantité de contre-fiches et de goussets de lançage suffisante pour en munir toutes les travées du pont. Le peu de temps laissé à l'usine pour exécuter le matériel employé à Manda (35 jours) n'a pas été étranger à l'insuffisance de l'outillage mis à la disposition des troupes[2] ;

6° L'effectif des travailleurs aurait dû comprendre de quoi former 4 ateliers de 70 hommes pour le montage, augmenté de 4 ateliers de halage de 16 hommes chacun et d'une vingtaine d'hommes pour le service des chantiers et quelques menus travaux auxiliaires, soit 364 hommes, c'est-à-dire 3 compagnies de 125 à 130 hommes, de manière à disposer d'un homme par mètre courant de pont.

Il eût fallu en outre 4 lieutenants du génie au lieu de 2 dont on disposait, pour avoir constamment 1 officier à la tête de chaque chantier.

Dans ces conditions, il eût été possible d'exécuter rigoureusement le programme arrêté par l'état-major général, et les 357 m de pont eussent été sans doute montés et mis en place en moins de 20 heures, grâce à la légèreté des pièces et à la facilité du montage.

---

1. 4 sur la rive gauche et 6 sur la rive droite.

2. Nous n'entrons pas davantage dans l'étude de détail de l'outillage qui eût été nécessaire à Manda. Il serait facile, d'après ce qui a été dit précédemment, de fixer rigoureusement ce dont on aurait besoin dans une opération analogue.

CHAPITRE IV.

LE PONT EN SERVICE. — DÉMONTAGE.

(Du 6 juillet 1889 au 15 septembre 1890.)

Le pont en service.

Le 6 juillet, à 7 heures du matin, les troupes campées sur les hauteurs de Carros et Gattières, composées du 159e régiment d'infanterie et d'une batterie d'artillerie de montagne, défilaient sur le pont mobilisable du Var, à la suite des sapeurs de chemin de fer et de la compagnie qui venaient de construire cet important ouvrage [1].

Depuis cette époque, le pont démontable du Var fut utilisé à la fois comme pont de route vicinale et comme pont de service pour le chemin de fer Decauville, employé par l'entrepreneur des endiguements et du viaduc du Var.

Il supporta journellement, jusqu'au mois d'avril 1890, le passage des trains de matériaux dont les wagonnets pesaient jusqu'à 4 200 kg.

Pendant cette période de 10 mois, le tablier n'avait subi aucune flexion, aucune déformation transversale ; il n'avait demandé aucune réparation ; le serrage des boulons même n'avait pas eu besoin d'être revisé.

Mais le 26 mars 1890, une première crue du fleuve enlevait sous le pont, sans renverser le tablier métallique, une palée intermédiaire, ce qui constituait une travée de 42 m de portée.

La flèche prise par cette double travée fut d'environ 6 cm, mais telle était la rigidité du tablier et la confiance

1. M. le général Haillot, chef d'état-major général représentant le Ministre de la guerre, adressa après le défilé de chaleureuses félicitations aux officiers et aux troupes qui avaient si rapidement accompli ce travail considérable.

que le pont inspirait, que les trains de matériaux continuaient à circuler comme par le passé.

La Compagnie des chemins de fer du Sud se hâtait d'ailleurs de faire rétablir la palée emportée, quand le 18 avril, une nouvelle crue enlevait la première palée (rive droite) puis, le 19, la palée-culée (même rive), la partie antérieure du pont tombait alors à l'eau, et la violence du courant devint telle que le tronçon de pont de 84 m fuployé presque à angle droit dans le lit du fleuve.

Démontage du pont.

Au mois de septembre, un détachement de 30 sapeurs de chemin de fer et de 30 sapeurs du 2e régiment du génie fut chargé d'opérer le repliement de la portion restante du pont du Var.

Le démontage fut fait sur place. Profitant de ce que le lit du Var, à cette époque de l'année, était complètement à sec, et de ce que la hauteur du pont au-dessus du sol ne dépassait pas 2 à 3 m, on a étayé le pont avec des poinçons le contre-butant dans tous les sens. Des madriers supportés par les membrures inférieures servaient d'échafaudage, et les pièces étaient ainsi démontées une à une en allant généralement de haut en bas. Une voie Decauville, sur laquelle circulaient de petits trains de wagonnets, était posée sur le pont et aboutissait au dépôt de matériel.

La répartition des équipes était la suivante :

Étançonnage	6	hommes.
Démontage	12	—
Servants	12	—
Équipe de coltinage sur voie Decauville.	2 × 10	—
Équipe de déchargement et d'engerbement.	10	—

Avec cette organisation, le démontage d'une travée, le

transport et l'engerbement de pièces ou de matériel demandaient 2 h. 1/2.

On peut conclure de cette opération pratique que le démontage et le repliement d'un pont stratégique mobilisable du système Henry s'exécuteront avec la même facilité que le montage et le lançage.

CONCLUSION.

L'opération exécutée sur le Var avait montré que le matériel mis en expérience était d'un transport, d'un montage et d'un lançage faciles et rapides, même par des troupes qui n'avaient pas été préalablement exercées à son maniement.

La mise en service pratique du pont pendant une année fit ressortir la rigidité des travées et la grande résistance de ce système. Toutefois, l'expérience fit reconnaître à l'inventeur qu'il était possible d'apporter à son système quelques perfectionnements qui accéléreront et faciliteront encore les manœuvres.

Les données caractéristiques du nouveau matériel sont les suivantes :

Poids maximum de la travée de 21 m	7 700 kg.
— du mètre courant	370 kg.
— de la pièce la plus lourde (pièce de pont)	115 kg.
Longueur de l'élément le plus long.	5,70 m.
Largeur de l'élément le plus encombrant	0,60 m.
Force de support par mètre carré de tablier	344 kg.
— — courant	1 100 kg.
Hauteur des poutres formant garde-roues	2 m.
Passage libre entre les poutres.	3,50 m.
Nombre de types de pièces portatives	7
— de boulons.	2

Ainsi modifié, ce type de pont offre une résistance suffisante pour le passage continu des plus lourds convois militaires et peut rester en service tout le temps nécessaire. Il convient pour remplacer les ponts de bateaux ou les ponts de chevalets jetés par les troupes de première ligne, et qui doivent être reportés en avant pour réparer les ouvrages endommagés par l'ennemi et pour assurer pendant toute la durée d'une longue campagne les communications permanentes en arrière des armées. C'est le véritable pont stratégique des grandes armées modernes, et l'expérience décisive du Var a démontré la facilité avec laquelle ce nouveau type de pont mobilisable peut être monté et lancé par les troupes sans le secours d'aucun ajusteur ni ouvrier d'art.

CLERGERIE,
Capitaine du génie.

CALMEL,
Lieutenant du génie.

DE L'ATTAQUE

ET

DE LA DÉFENSE DES PLACES

A L'ÉPOQUE ACTUELLE

Le but de la présente étude n'est pas de faire connaître les idées officielles sur l'attaque et la défense des places. Il n'y a pas d'idées de ce genre en ce qui concerne les procédés d'attaque, et quant aux divers documents qui se rapportent à la défense, ils sont excellents pour guider les officiers des divers services dans l'accomplissement de leurs fonctions, mais la méthode à suivre dans la conduite de la défense n'est pas assez nettement indiquée, les diverses phases de la lutte avec l'attaque ne sont pas suffisamment analysées. Tel est, du moins, notre avis.

Les idées que nous allons émettre sur les procédés qui, d'après nous, paraissent devoir être employés de nos jours dans l'attaque et la défense des places, n'ont aucune prétention dogmatique. Elles peuvent même différer de celles qui font partie de l'enseignement donné dans les écoles.

Nous allons dire, tout d'abord, comment nous concevons l'organisation des places fortes à l'époque actuelle. Cela est indispensable à connaître avant de les attaquer.

Puis, nous supposerons que l'assiégeant vienne en faire le siège avant que les travaux de défense soient achevés. Nous indiquerons la conduite à tenir par l'attaque et la défense.

Ensuite, nous considérerons une place complètement

organisée et nous étudierons les procédés d'attaque et de défense qu'il convient d'employer dans ce cas.

Dans tout ce qui va suivre, nous ne nous occuperons que des grandes places, telles qu'il convient de les organiser pour la défense d'un État en pays moyennement accidenté.

CHAPITRE PREMIER.

DE L'ORGANISATION DES PLACES FORTES A L'ÉPOQUE ACTUELLE.

Il semble qu'une grande forteresse à l'époque actuelle doive se composer des éléments ci-après, indépendamment du noyau central qui peut ne pas toujours être fortifié dès le temps de paix.

1° *Une position principale de défense* [1], comprenant des ouvrages points d'appui et, dans leurs intervalles, des batteries pour pièces de gros calibre destinées à soutenir la lutte avec l'attaque; puis des magasins aux approvisionnements pour l'artillerie, des abris pour les hommes, des voies ferrées étroites destinées à relier les divers éléments de la défense. Ces éléments doivent être construits,

---

1. Bien que l'on appelle généralement :

Première ligne de résistance . . . la position avancée de la défense,
Ligne principale de défense . . . la position principale,
Ligne de soutien ou 2e ligne . . . la position de soutien,

nous avons cru devoir adopter ces dernières dénominations dans notre texte, parce que le mot *ligne* peut faire naître de la confusion dans l'esprit du lecteur : ainsi la ligne principale de défense comprend une ligne d'infanterie avec les batteries de protection, une ligne d'ouvrages (forts et ouvrages intermédiaires), une ligne de batteries de crête et une ligne de batteries hors de vue. Nous avons pensé qu'il était à la fois plus clair et plus commode de comprendre sous la dénomination de *position principale* l'ensemble de toutes ces lignes.

Il en est de même de la position de soutien.

Quant à la position avancée, elle comprend également plusieurs lignes. Chaque centre de résistance dont elle se compose peut être formé d'une avant-ligne, d'une ligne de combat et même d'une deuxième ligne.

autant que possible, en totalité dès le temps de paix. Il en est de même des voies ferrées.

Au moment du besoin, on organisera à une distance convenable, en avant des ouvrages, une ligne d'infanterie comprenant un certain nombre de centres de résistance constitués par des tranchées, des ouvrages en terre, des bois, des villages, etc., mis en état de défense.

2° *Une position avancée,* installée à une distance de 2000 à 3000 m de la position principale, sur les points où l'artillerie ennemie pourrait s'installer pour contre-battre efficacement celle de la défense et ses points d'appui permanents. Cette position est constituée par des centres de résistance organisés comme ceux de la ligne d'infanterie de la position principale et bien appuyés par cette position. Mais les travaux de mise en état de défense ne pourront être exécutés, le plus souvent, qu'à l'état de siège[1].

3° *Une position de soutien,* organisée seulement dans la zone des attaques, entre le noyau central et la position principale de la défense. Elle est destinée à appuyer cette dernière et se compose des mêmes éléments. Mais, sauf quelques exceptions, les travaux ne seront exécutés que pendant le siège, lorsque la zone des attaques sera connue.

4° *Des magasins aux approvisionnements,* construits à l'épreuve à l'intérieur des ouvrages pour les munitions de l'artillerie et de l'infanterie de ces ouvrages. Chaque batterie de gros calibre est, autant que possible, munie de son magasin de batterie, approvisionné par le magasin de secteur correspondant; les magasins de secteur sont approvisionnés par les magasins généraux placés à l'intérieur ou à proximité du noyau central.

5° Enfin *des voies de communication,* généralement des voies ferrées étroites, comme il a été dit ci-dessus.

---

1. C'est à l'état de siège seulement, qu'en France, le gouverneur a le droit d'occuper les propriétés publiques et privées pour y faire exécuter les travaux de défense nécessaires. Mais, dans les places les plus exposées, il convient de faire, dès le temps de paix, les travaux les plus importants, tels que les déboisements et les voies de communication.

Ajoutons que l'on devra faire un grand usage des obstacles passifs (inondations, longues lignes d'abatis bien flanqués, marécages, etc.) pour diminuer l'étendue du front à défendre.

Pour comprendre le caractère d'une telle organisation, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails relatifs aux différentes positions; c'est ce que nous allons faire aussi succinctement que possible [1].

Position principale de la défense.

La position principale de la défense doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Être suffisamment éloignée de la ville pour la mettre à l'abri du bombardement;

2° Les points d'appui permanents doivent être assez rapprochés et disposés de telle façon que les intervalles qui les séparent puissent être battus non seulement par les pièces d'artillerie légères ou à tir rapide, mais encore par le fusil;

3° L'artillerie placée dans les intervalles pour soutenir la lutte avec celle de l'attaque doit pouvoir produire tout son effet et être bien protégée par les points d'appui; c'est-à-dire que le terrain, situé à bonne distance (1 000 à 1 200 m) en avant des batteries, doit être battu par les points d'appui;

4° Les intervalles qui séparent les centres de résistance de la position avancée, leurs flancs et, si c'est possible, leurs abords doivent être bien battus de la position principale située en arrière;

5° Enfin, la position principale doit tenir sous son canon les voies de communication importantes qui conduisent à la place.

---

1. Nous renvoyons les lecteurs qui désireraient étudier à fond cette question, au cours de M. le commandant Corbin : *Organisation des forteresses*.

Nous allons examiner chacune de ces conditions.

Première condition : préserver la ville du bombardement.— On est généralement d'avis qu'il convient de maintenir l'artillerie de l'attaque à une huitaine de kilomètres du noyau central, pour mettre celui-ci à l'abri du bombardement, et que cette artillerie ne saurait s'approcher à moins de 2000 m des ouvrages. D'après cela, la ligne des ouvrages devrait être à environ 6000 m de la ville. C'est le chiffre que l'on adopte ordinairement, tout en remarquant que c'est surtout d'après le terrain qu'il faut déterminer les emplacements des points d'appui. Mais si l'on admet que la position avancée puisse être organisée à temps, elle est susceptible, ainsi que nous le verrons dans la suite, d'une longue résistance. Dans ces conditions, la position principale de la défense peut être plus rapprochée du noyau central. C'est un avantage qu'il ne faut pas négliger, car la garnison de la place ne peut jamais être très forte et l'on a tout intérêt à réduire l'étendue du front à défendre.

Deuxième condition : flanquement des intervalles. — Une enceinte continue est le seul obstacle vraiment sérieux pour arrêter les attaques de vive force et éviter les surprises. Mais établie sur la ligne des ouvrages déterminée comme nous venons de le dire, elle aurait un développement trop considérable et serait d'un prix trop élevé. Il faut faire en sorte de remplacer cette enceinte. On y arrive par le flanquement des intervalles des ouvrages et par l'utilisation des obstacles du sol.

Nous supposerons que, dans la place étudiée, les pièces destinées à battre les intervalles sont placées sous coupole ou sous casemates bétonnées. Cette disposition permettra d'assurer le flanquement en tout temps. Les coupoles et les casemates sont situées sur les flancs des ouvrages. Elles abriteront des pièces à tir rapide et des pièces légères de campagne. Mais le flanquement doit pouvoir aussi s'exercer par le fusil, ce qui exige que les

ouvrages ne soient pas éloignés les uns des autres de plus de 2 000 à 2 500 m.

Grâce à la disposition que nous venons de décrire, nous sommes en état de résister aux attaques de vive force tant que l'artillerie de l'attaque n'a pas détruit les organes de flanquement. Jusqu'à ce moment, nous avons rétabli, en quelque sorte, l'enceinte entre les points d'appui, au moyen des trajectoires des projectiles des pièces de flanquement. La résistance de la position principale dépendra de la valeur de ces points d'appui [1]. Ajoutons que les défenses accessoires établies autour des batteries des intervalles dont nous allons parler, et que les obstacles du sol que l'on pourra utiliser, diminueront encore les vides des intervalles par lesquels l'assiégeant pourrait passer.

Nous n'insistons pas plus longtemps sur les avantages

---

1. Dans la place que nous décrivons, les points d'appui seront constitués de la manière suivante :

1° *Forts.* Les forts devront avoir des abris à l'épreuve pour la garnison et les munitions. Ils seront entourés d'un fossé flanqué par des coffres de contrescarpe reliés par une communication souterraine avec l'intérieur de l'ouvrage. Si le fossé ne peut être construit dans le roc, la contrescarpe sera revêtue, l'escarpe sera formée d'une grille. Les pièces de flanquement des intervalles seront protégées par des coupoles défilées aux vues et placées à cet effet à l'intersection des flancs et de la gorge. Cette disposition a l'avantage de faire servir les coupoles à la défense propre de l'ouvrage contre les mouvements tournants. On peut aussi disposer les pièces sous des casemates bétonnées établies sur les flancs des ouvrages. On ménagera sur les faces et les flancs des emplacements pour pièces à tir rapide à ciel ouvert, pour la défense de l'ouvrage. Enfin, à l'intérieur du fort, on disposera des emplacements pour 4 à 6 pièces de gros calibre destinées à agir pendant la période de la défense active et pendant l'investissement, jusqu'au moment où la lutte d'artillerie est imminente.

2° *Ouvrages intermédiaires.* A notre avis, les ouvrages intermédiaires ou de deuxième ordre ne devraient différer des forts qu'en ce qu'ils ont des dimensions plus restreintes et qu'ils ne contiennent pas de l'artillerie de gros calibre pour la défense éloignée. Toutefois, par motif d'économie, on pourra supprimer les coffres de contrescarpe et adopter le profil dit triangulaire, c'est-à-dire le flanquement direct par les crêtes. Des réseaux de fil de fer s'étendront dans le fossé et sur une partie du talus de plongée. La contrescarpe sera revêtue. Il sera bon de placer à l'intérieur du réseau de fil de fer, à une certaine distance de la contrescarpe, une grille formant escarpe.

de cette disposition, nous les verrons mieux ressortir lorsque nous parlerons des procédés d'attaque et de défense.

Troisième condition : protéger l'artillerie de combat pour qu'elle puisse produire tout son effet. — L'artillerie de gros calibre, chargée de soutenir la lutte avec celle de l'attaque, doit être placée dans les intervalles des ouvrages et non à l'intérieur de ces derniers. Tout le monde est d'accord sur ce point. Nous ne donnerons de cette disposition qu'une raison, à notre avis, la plus importante : Si l'artillerie de combat était placée dans les ouvrages, elle y attirerait le feu de l'artillerie ennemie et les ouvrages seraient détruits avant d'avoir pu jouer le rôle que nous venons de faire connaître.

Nous n'entrerons pas ici dans beaucoup de détails ; nous nous bornerons à dire qu'il convient de dissimuler derrière les crêtes les batteries qui font du tir de plein fouet (155^{mm} long et 120^{mm}) ; on les appellera pour cette raison, *batteries de crête.* Quant à celles qui font du tir courbe (155^{mm} court, mortiers de 220^{mm}), elles seront avantageusement placées en arrière des plateaux et dérobées aux vues de l'extérieur : on les nommera *batteries hors de vue* (fig. 1 et 3). L'observation des coups et le réglage du tir

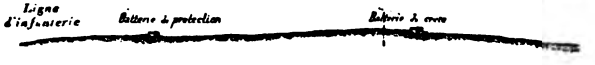


Fig. 1. ($\frac{1}{20000}$).

se feront, pour les batteries de crête, au moyen d'observateurs placés sur les crêtes en avant et sur le côté des batteries ; pour les autres, on se servira de ballons captifs, ou bien d'observatoires situés à une certaine distance des batteries auxquelles ils seront reliés par des communications téléphoniques.

Le terrain situé à bonne distance d'attaque (1 000 à 1 200 m) en avant des batteries [1] (fig. 2), doit être battu par

1. Les règlements admettent que l'artillerie est sérieusement compro-

les points d'appui. Cette condition, jointe à celle de rendre les ouvrages le moins visibles de loin, les fera placer plutôt à l'arrière qu'à l'avant des plateaux et les pentes tour-

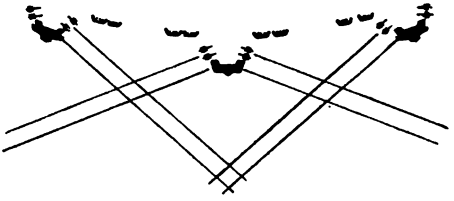


Fig. 2.

nées du côté de l'ennemi seront battues par les centres de résistance de la ligne d'infanterie de la position principale (fig. 3). On organisera cette ligne au moment du be-

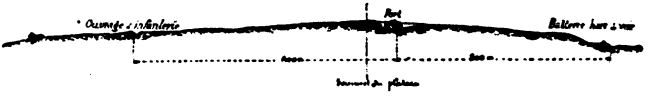


Fig. 3. $\left(\frac{1}{20000}\right)$.

soin, comme nous l'avons déjà dit. Sur les flancs des points d'appui, on placera des batteries de campagne qui auront une position d'abri distincte de celle de tir. Nous les appellerons *batteries de protection*.

Quatrième condition : bien appuyer les centres de résistance de la position avancée. — Nous allons voir, à propos de la position avancée, toute l'importance de cette condition.

Cinquième condition : tenir les principales voies de communication qui conduisent à la place. — On disposera encore la position principale de la défense de façon à tenir sous son canon les principales voies de communication qui conduisent à la place. L'artillerie destinée à remplir ce rôle et à agir pendant la période de la lutte éloignée (défense active et investissement) pourra être placée provi-

mise, lorsque les troupes d'infanterie se rapprochent à moins de 1 000 m des batteries.

soirement dans les ouvrages, d'où elle sera retirée au moment où la lutte d'artillerie sera imminente; ou bien dans des batteries établies sous la protection immédiate des ouvrages.

La position avancée.

Il est rare que la position avancée soit établie sur tout le pourtour de la place; il n'y aura peut-être pas partout des positions favorables à l'attaque aux distances de 2000 à 3000 m de la position principale. Si, par exemple, le terrain en avant de cette position est une plaine découverte, nous ne voyons pas la nécessité d'y organiser d'autres points d'appui que ceux qui sont nécessaires aux avant-postes.

Il peut aussi arriver qu'à l'aide d'inondations, de marécages, de longues lisières de bois organisées défensivement avec des postes d'écoute établis tous les 200 ou 300 m pour la surveillance, on constitue des obstacles passifs qui nécessiteront peu de monde pour leur garde et qui auront pour résultat de limiter l'étendue du front défensif.

Mais partout où, dans un rayon de 2000 à 3000 m de la position principale, il existerait des points où l'attaque pourrait avantageusement s'établir, il faudrait les occuper. La ligne ainsi constituée ne pourra pas être continue; l'effectif de la garnison ne le permettra pas. On organisera donc un certain nombre de points d'appui ou centres de résistance constitués comme nous l'avons déjà dit. Les intervalles devront être au plus de 2000 m, afin qu'ils puissent, au besoin, se flanquer par leur infanterie. Mais ils devront toujours être battus par la position principale située en arrière; il en sera de même de leurs flancs et, si c'est possible, de leurs abords. En avant d'eux s'étendront les avant-postes, le plus souvent incomplets. Des rondes et des patrouilles parcourront les intervalles; des postes détachés seront établis aux points qu'il y aurait

lieu de surveiller tout particulièrement. Enfin, on fera usage, autant qu'on le pourra, des obstacles passifs (inondation, marécages, abatis, etc.) dans ces intervalles. Les défenses accessoires joueront, bien entendu, un rôle important dans la constitution des points d'appui.

Des pièces de campagne seront placées sur les flancs des centres de résistance.

Caractère de cette organisation. — Supposons que la position avancée dont A et B (fig. 4) sont deux centres de ré-

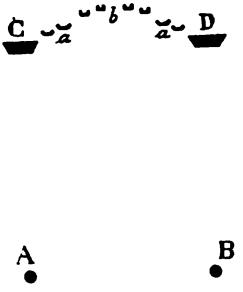


Fig. 4.

sistance soit à 3000 m de la position principale : Soient C et D deux ouvrages entre lesquels se trouvent les batteries de crête *a*, et, en arrière, les batteries hors de vue *b*.

Grâce à l'occupation des centres de résistance A et B, l'ennemi ne pourra s'en approcher à moins de 2500 m (portée efficace des pièces de campagne de la position avancée) ; c'est-à-dire qu'il ne pourra pas établir ses pièces de siège à moins de 2500 m de cette position, sous peine de se voir constamment inquiété par une artillerie mobile qui, après avoir agi en se portant sur ses positions de tir, se retirera en arrière dans ses positions d'abri. La nuit, l'effet produit par cette artillerie sera encore plus grand.

L'assiégeant sera maintenu ainsi à une distance de 5500 m au moins de l'artillerie de la position principale. A cette distance, il ne peut espérer détruire cette artille-

rie qui appuie efficacement les centres de résistance de la position avancée; ceux-ci pourront, de cette façon, tenir longtemps, comme nous le verrons dans la suite.

Position de soutien et noyau central.

Nous dirons peu de chose de la position de soutien. Établie entre le noyau central et la position principale, elle appuie la défense de cette dernière. De sorte qu'après la chute de la position principale, si la position de soutien est organisée, l'assiégeant se trouve dans des conditions analogues à celles du début du siège.

La position de soutien organisée, comme nous le savons, sur le front d'attaque, se compose des mêmes éléments que la position principale. Mais les points d'appui construits, à quelques exceptions près, au moment du besoin, seront de simples ouvrages de campagne dont la résistance ne peut être de longue durée.

Les ailes de la position de soutien s'appuient aux ouvrages non attaqués de la position principale.

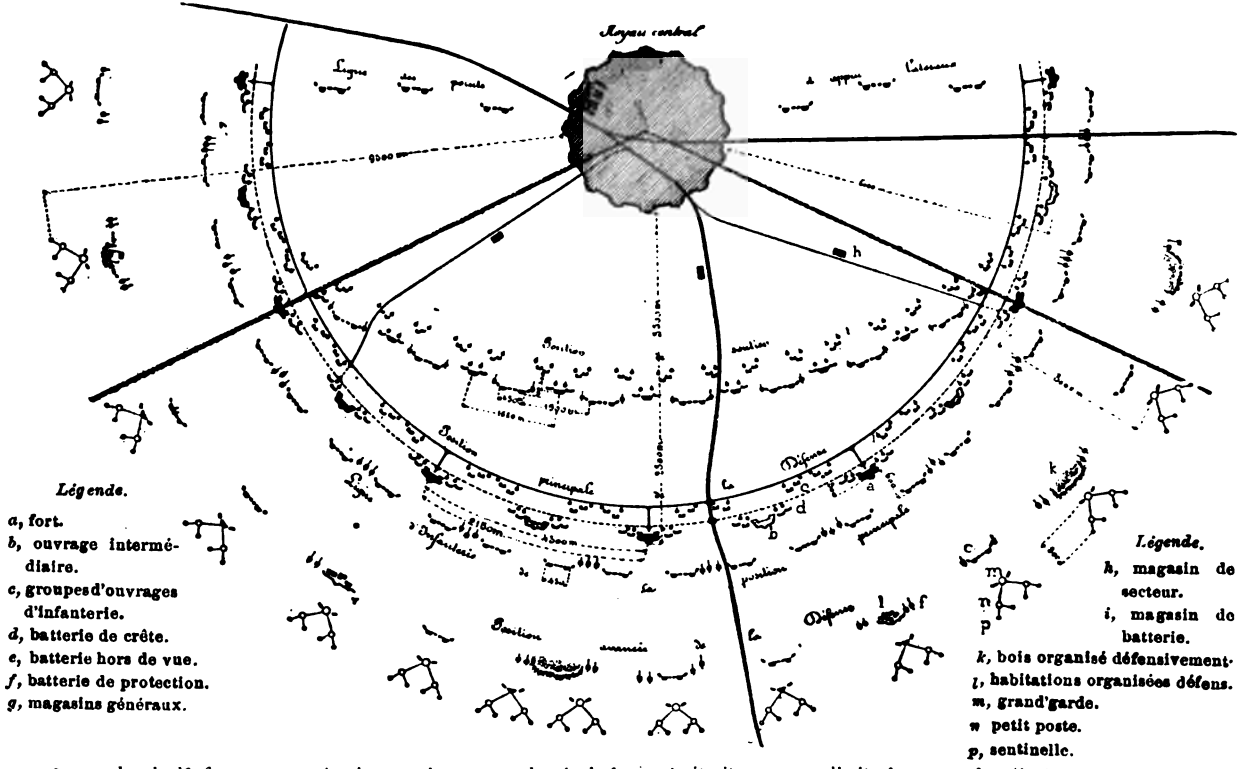
Quant au noyau central, nous verrons, quand nous parlerons de la défense des places, qu'il peut encore être appelé à jouer un rôle important, à la condition de prendre certaines dispositions que nous ferons connaître.

Magasins aux approvisionnements et voies de communication.

Chaque batterie, indépendamment des niches à projectiles et à gargousses qu'elle contient, doit encore être munie d'un *magasin de batterie,* situé à peu de distance en arrière, défilé le mieux possible et contenant des munitions confectionnées pour un ou deux jours de feu.

Le terrain de la place étant divisé en *secteurs,* on devra établir dans chacun de ces secteurs *un* ou *plusieurs magasins* que l'on placera de préférence derrière la position de soutien, quitte à établir entre eux et les batteries, si les

Fig. 5. — Organisation actuelle des secteurs d'attaque d'une grande forteresse.



Légende.

a, fort.
b, ouvrage intermédiaire.
c, groupes d'ouvrages d'infanterie.
d, batterie de crête.
e, batterie hors de vue.
f, batterie de protection.
g, magasins généraux.

Légende.

h, magasin de secteur.
i, magasin de batterie.
k, bois organisé défensivement.
l, habitations organisées défens.
m, grand'garde.
n petit poste.
p, sentinelle.

chemin de fer permanent à voie normale. — chemin de fer à voie étroite. — limite du secteur des attaques.

besoins du service l'exigent, de grands *dépôts intermédiaires*. Les *magasins de secteur* devront servir à confectionner et à contenir les munitions pour les pièces du secteur, à raison de 1 ou 2 jours de feu.

Enfin, des *magasins généraux*, placés à l'intérieur ou à proximité du noyau central, en dehors des secteurs d'attaque, contiendront le complément des approvisionnements nécessaires et serviront à ravitailler les magasins de secteur.

De *bonnes voies de communication*, autant que possible des voies ferrées étroites, relieront entre eux les divers éléments de la défense, c'est-à-dire les ouvrages, les magasins de batterie et les batteries, les dépôts intermédiaires, les magasins de secteur et les magasins généraux. La traction des wagons se fera à l'aide de chevaux ou de locomotives.

Telle est, sommairement décrite, la forteresse à propos de laquelle nous allons faire connaître les procédés d'attaque et de défense qui nous paraissent devoir être employés de nos jours.

CHAPITRE II.

ATTAQUE ET DÉFENSE D'UNE PLACE DONT L'ORGANISATION DÉFENSIVE N'EST PAS ACHEVÉE.

Nous allons d'abord considérer le cas d'une place dont l'organisation défensive n'est pas complète. C'est, par exemple, une place frontière attaquée à l'improviste deux ou trois jours après la déclaration de guerre [1].

Dans ces conditions, la situation de la place est à peu près la suivante :

La position principale de la défense est complètement organisée en ce qui concerne les ouvrages, les magasins, les principales batteries de crête, les abris à l'épreuve, les voies ferrées. Mais la ligne d'infanterie de cette position ne peut être constituée en totalité ; il est impossible, en effet, de mettre en état de défense, dès le temps de paix, les villages et les lieux habités. Ce que nous disons des centres de résistance de cette ligne d'infanterie s'appliquera à plus forte raison à ceux de la position avancée. Seuls les déboisements auront été faits complètement ; nous le supposons du moins.

Quant à la garnison, il est à craindre qu'elle ne soit guère supérieure à celle du temps de paix ; toutes les troupes de complément ne seront peut-être pas arrivées dans la place, ou bien elles ne seront pas encore équipées, ni armées lorsque l'attaque se produira.

L'armement est sans doute suffisant, mais toutes les pièces ne seront pas en batterie et leurs approvisionnements ne seront peut-être pas en quantité suffisante dans les magasins de secteurs et de batteries.

Comme il convient de préciser et de raisonner sur un

1. Nous remarquerons que ce cas n'est pas impossible. Dans l'état militaire actuel de l'Europe, il est probable que la déclaration de guerre résultera du fait accompli ; l'invasion du territoire de l'un des belligérants par l'autre, sans plus de formalités.

exemple, nous supposerons qu'il s'agit d'une place comprenant en tout 16 ouvrages (8 forts et 8 ouvrages intermédiaires). La garnison de ces ouvrages nécessitera au moins 4 bataillons, à raison de 1 compagnie par ouvrage. Il restera peut-être 5 à 6 bataillons pour la défense de *tous* les intervalles ; ce qui donne un peu plus de 700 hommes par intervalle de fort (de 4500 à 5000 m). C'est à peine suffisant pour la surveillance.

Il ne faut pas compter qu'avec l'effectif restreint de la garnison, on pourra constituer une réserve générale.

En ce qui concerne l'artillerie, nous admettrons que, dès le temps de paix, il y a, dans chaque intervalle de forts, une vingtaine de pièces de tous calibres et que les ouvrages ont à demeure les pièces destinées à la défense éloignée, à leur défense propre et au flanquement des intervalles, c'est-à-dire une quinzaine de pièces, non compris celles du flanquement des fossés.

Enfin, à la tête de la place se trouve un gouverneur, assisté de son conseil de défense.

N'oublions pas que, la place étant attaquée à l'improviste, il n'a pas été possible de tendre des inondations, de constituer des obstacles passifs et qu'elle est attaquable de tous les côtés à la fois.

Si nous ne nous trompons pas, nous avons de bonnes raisons de croire que l'ennemi n'attendra pas qu'une place, dont la possession lui est indispensable, soit complètement organisée pour en faire le siège. Il se présentera en force devant cette place, le plus tôt possible, et tentera une attaque brusquée que nous allons analyser.

ATTAQUE BRUSQUÉE.

L'idée de la méthode que nous allons décrire est due au général von Sauer, de l'artillerie bavaroise[1]. Nous allons

1. Voir pour les détails de la méthode, la traduction des conférences du général von Sauer par M. le capitaine du génie L. Bertrand.

en faire une application à la place que nous avons décrite, sans nous astreindre à suivre dans tous ses détails la méthode du général von Sauer. Nous retenons seulement son idée.

A. Conduite de l'attaque.

1° ATTAQUE DE LA POSITION PRINCIPALE DE LA DÉFENSE.

Nous distinguerons les périodes suivantes : préparation de l'attaque, exécution de l'attaque, occupation de la position ou retraite.

I. Préparation de l'attaque.

Forces nécessaires. — Il faut d'abord rassembler les forces nécessaires à l'attaque. Von Sauer calcule l'effectif des troupes d'infanterie à raison de 1 homme par mètre courant de front abordable. Dans le cas de la place qu'il suppose attaquée, l'infanterie est celle de 2 corps d'armée. Mais la garnison de cette place est 5 à 6 fois plus forte que celle que nous considérons ici. De sorte que, dans le cas actuel, nous pouvons nous contenter de l'infanterie d'un corps d'armée.

Artillerie nécessaire. — A cette infanterie, nous ajouterons l'artillerie de campagne et de forteresse nécessaire, c'est-à-dire l'artillerie de campagne de 2 corps d'armée donnant un total de 192 à 216 pièces et celle d'un régiment allemand d'artillerie à pied donnant 96 pièces mobiles de siège (canons et mortiers de 15^{cm} et mortiers de 21^{cm}) [1].

Dans la place étudiée, nous avons 8 intervalles de forts. Nous pouvons opposer un régiment à chaque intervalle. Il faudra constituer, en outre, une réserve du corps

1. Les effectifs absolus ont moins d'importance que les effectifs relatifs. Il est clair que l'assiégeant calculera les forces du corps de siège et son armement, d'après la garnison et l'armement de la place, de façon à l'écraser par sa supériorité numérique.

de siège. Nous augmenterons celui-ci d'une brigade ou d'une division, suivant le cas. Chaque colonne d'attaque, ayant pour objectif un intervalle de forts, sera pourvue de 27 pièces de campagne et de 12 pièces de siège.

Enfin, ces colonnes seront accompagnées de pionniers et munies des engins d'escalade et de destruction nécessaires.

L'attaque a lieu sur tous les intervalles à la fois.

Le corps de siège sera amené le plus vite possible à proximité de la place; mais on le tiendra en dehors de ses vues et de la portée de son canon. Puis, on fera la reconnaissance.

Reconnaissance. — Il faut reconnaître surtout les chemins et les positions qui permettent à l'artillerie de produire tout son effet. On les choisira dans un rayon de 2000 à 3000 m de la position principale de la défense. On cherchera aussi à voir quelle est l'organisation de cette position, quelles sont les dispositions prises par le gouverneur.

Pendant que s'exécute la reconnaissance, on coupe les chemins qui conduisent à la place; on l'observe avec soin, sans cependant l'investir ni la cerner.

Marche d'approche. — La reconnaissance achevée, on forme les colonnes d'attaque; puis on les met en marche, chacune d'elles ayant un intervalle déterminé pour objectif.

Investissement. — Par suite de la marche convergente des colonnes vers la place, l'investissement de celle-ci est obtenu. D'ailleurs, sa garnison n'est pas à craindre : son faible effectif ne lui permet pas de se livrer à des opérations extérieures.

Dès que les colonnes d'attaque seront en vue de la position principale, celle-ci va tirer sur elles à grande distance avec ses pièces à longue portée. Elles pourront, par suite, être arrêtées dans leur marche. Alors on fera avancer des pièces de campagne jusqu'à une distance de

3 000 m au plus de la position principale. On utilisera, à cet effet, les chemins que la place tient le moins sous son canon. Les pièces seront placées à intervalle de combat, puis on les détellera et un feu rapide à mitraille sera ouvert sur toutes les pièces de la défense qui tirent sur les troupes. Grâce à leur supériorité comme nombre [1] (et comme rapidité de tir en comparaison avec les pièces de gros calibre) et au faible but que présente chaque pièce, on espère réduire au silence l'artillerie de la défense.

Les colonnes continueront alors à s'avancer jusqu'à 2 000 m. La nuit, le feu sera continué pour inquiéter le défenseur et empêcher les servants des pièces de venir occuper leurs postes de combat, puis on construira et on armera les batteries de siège.

II. Exécution de l'attaque.

Au jour, le feu sera ouvert sur les points d'appui et sur les batteries de la défense. On emploiera le tir courbe pour obliger le défenseur à abandonner ses parapets et à se réfugier sous ses abris. Au bout d'un certain temps, ce résultat sera acquis, grâce à la supériorité de l'assiégeant. Les colonnes s'approchent alors à portée de fusil. Le feu d'artillerie cesse un instant.

A ce moment, deux cas peuvent se présenter [2] :

1° Les organes de flanquement des intervalles insuffisamment protégés n'ont pas résisté aux quelques obus-torpilles lancés par l'assiégeant. Ce flanquement n'est plus assuré d'une manière efficace. Pour s'en rendre compte, il faudra faire de fausses attaques. Si le défenseur vient occuper ses parapets, on rouvre le tir courbe, de manière à l'obliger à rentrer de nouveau sous ses abris. On recommence plusieurs fois cette manœuvre qui consiste à cesser le feu et à le rouvrir.

---

1. A la distance de 3 000 m, on n'a pas à craindre les pièces à tir rapide destinées à la défense propre des ouvrages.

2. Ce détail n'est pas dans von Sauer.

Les travailleurs s'avancent ensuite pour faire disparaître les obstacles et disposer les engins pour le franchissement des fossés. Le tir est continué pendant ce temps pour empêcher le défenseur de venir contrarier ces opérations, mais on a soin de le régler de façon à ne pas atteindre les travailleurs.

Lorsque les préparatifs sont achevés, les colonnes s'avancent à l'assaut et, pendant qu'une partie de la troupe cherche à pénétrer dans les points d'appui, le plus grand nombre force les intervalles et tourne les ouvrages [1].

2° Mais si les organes de flanquement des intervalles ont résisté, si les points d'appui sont entourés d'obstacles sérieux bien flanqués, l'attaque brusquée a peu de chance de réussir. Remarquons, en effet, qu'en ce qui concerne les ouvrages, la brèche n'est pas faite ; il faut franchir le fossé après avoir détruit les défenses accessoires du glacis. Cette opération du franchissement, au moyen de ponts volants, n'est pas toujours possible. Elle ne saurait avoir lieu si les fossés sont bien flanqués. (Les expériences faites à la redoute de Bois-d'Arcy, en 1888, semblent le démontrer.)

Quant à l'intervalle entre deux forts consécutifs (fig. 2), il est occupé, d'abord par un ouvrage intermédiaire flanquant aussi cet intervalle, ainsi que nous l'avons vu ; puis par des obstacles formés par des bouquets de bois, des lieux habités situés en avant, par des réseaux de fil de fer autour des batteries et des tranchées. Il reste peu de passages pour les troupes de l'attaque. Elles devront alors se présenter en colonnes et non en ligne, disposition défavorable qui ne permet pas à l'assiégeant de profiter de sa supériorité numérique.

Si le flanquement des intervalles est bien assuré, il nous semble difficile qu'une attaque brusquée puisse réussir dans ces conditions, surtout si la garnison est

1. Cette partie de la méthode est différente de celle de von Sauer.

vigilante et se garde bien, car ses pièces de campagne tenues en réserve, placées en arrière des flancs et protégées par le massif des ouvrages, couvriront de mitraille les colonnes d'assaut. L'assiégeant est obligé de se retirer, parce qu'il n'a pas assez d'approvisionnements (ceux-ci ne sont pas assurés par un service de parc régulièrement constitué) pour arriver à détruire les casemates bétonnées ou les coupoles qui abritent les pièces de flanquement des intervalles, ni pour endommager sérieusement les points d'appui.

III. Occupation de la position ou retraite.

Dans le premier cas, si l'assiégeant est victorieux, il occupera la position principale et la retournera contre le défenseur; puis il partira de là pour attaquer le noyau central, si le défenseur a pu s'y retirer.

Dans le cas où l'attaque a échoué, l'assiégeant devra battre en retraite. Cette opération aura lieu sous la protection de l'artillerie de campagne restée en position dans le but de contenir le défenseur. Celui-ci ne sera peut-être pas trop à craindre, parce qu'il n'a pas avantage à dégarnir ses lignes pour poursuivre son adversaire ; le faible effectif de sa garnison ne le lui permet pas.

2° ATTAQUE DU NOYAU CENTRAL OU D'UNE POSITION INTERMÉDIAIRE.

Si le défenseur a pu se retirer sur une position intermédiaire ou sur le noyau central, l'assiégeant répétera devant ces positions les mêmes opérations que devant la position principale. Nous ferons remarquer toutefois, qu'en ce qui concerne le noyau central, grâce à l'enceinte continue qui l'entoure, une attaque brusquée est très difficile, car il faut faire brèche et passer le fossé. Or, l'assiégeant n'a pas un système de ravitaillement assuré comme dans une attaque régulière. Les approvisionnements lui font

défaut surtout pour arriver à un résultat certain par le bombardement de la ville. Aussi sommes-nous convaincu que les enceintes sérieusement construites ont encore beaucoup de valeur.

B. Conduite de la défense.

1° DÉFENSE DE LA POSITION PRINCIPALE.

Dès le temps de paix, l'organisation défensive des places de première ligne devrait être aussi complète que possible. Sauf les mises en état de défense de villages, il ne devrait plus rien rester à faire. Les déboisements nécessaires devront tous être achevés.

S'il n'est pas possible, dès le temps de paix, de créer des obstacles passifs pour diminuer l'étendue du front à défendre, il faut tout préparer pour que les inondations puissent être tendues à la première alerte. Quant aux bois dont les lisières extérieures doivent former obstacle à la marche de l'ennemi, rien n'empêche de les rendre impraticables sur une vingtaine de mètres, en réunissant les arbres par des fils de fer. Il ne resterait plus, au moment du besoin, qu'à interrompre les voies de communication qui les traversent.

Mais le point délicat, c'est la garnison. Il ne semble pas possible de l'avoir en totalité dans la place pendant le temps de paix. Le noyau de troupes actives devrait toutefois rester à demeure et toutes les dispositions devront être prises pour la prompte mobilisation des troupes de complément [1].

Mais puisque nous avons considéré le cas le plus défa-

1. Il y a lieu d'espérer que les troupes à effectifs renforcés, stationnées près de notre frontière du nord-est, arrêteront les premiers corps ennemis venant de l'Alsace-Lorraine. En s'appuyant aux régions fortifiées de Verdun-Toul et d'Épinal-Belfort, elles menaceront les flancs de l'armée qui voudrait pénétrer chez nous. Dans ces conditions, nos places assureront la mobilisation et la concentration de nos armées.

vorable, nous continuerons à supposer que la garnison de guerre n'est pas complète. Voyons quelle doit être la conduite de la défense.

Elle ne peut se livrer à des opérations actives; elle est insuffisante pour défendre le terrain extérieur. Elle doit rester sur la position principale. Les garnisons des points d'appui y seront à demeure, les troupes de secteurs seront portées à la première alerte à leurs postes de combat. Elles seront couvertes par des sentinelles. Des rondes et des patrouilles parcourront le terrain extérieur jusqu'à 2 000 ou 3 000 m en avant des ouvrages ; elles auront soin de ne pas se faire couper de la place. Des intelligences devront être ménagées avec les habitants des villages voisins afin d'être prévenu à aussi grande distance que possible de l'arrivée de l'ennemi. Tous les intervalles devront être pourvus de l'artillerie nécessaire à longue portée et de pièces légères pour tirer sur les colonnes d'assaut. On aura aussi des pièces courtes (155^{mm}) pour contrebattre celles de l'attaque qui feront du tir courbe. Les pièces de flanquement des intervalles et des fossés seront tenues prêtes à tirer ; les approvisionnements en munitions seront complets.

Dès que les colonnes d'attaque arriveront entre 5 000 et 6 000 m de la position principale, on ouvrira le feu contre elles avec les pièces à longue portée. Dans le cas où elles profiteraient de la nuit pour s'avancer, on éclairerait le terrain à aussi grande distance que possible et on les couvrirait de mitraille. Au delà de 4 500 m, l'assiégeant n'est pas en état de répondre à la défense. Il n'a à sa disposition que des pièces de campagne et des pièces courtes de siège dont la précision n'est plus suffisante pour gêner sérieusement la défense à cette distance. C'est un avantage dont le gouverneur doit tirer parti.

Si, malgré tout, l'assiégeant parvient à s'avancer jusqu'à 3 000 m de la position principale, le défenseur devra faire tous ses efforts pour contrarier l'établissement de ses bat-

teries. Ses pièces de campagne interviendront à ce moment. Mais si l'assiégeant parvient à engager la lutte avec succès, il convient de cesser le feu et de retirer les pièces mobiles. On repérera les emplacements qu'il occupe et on les contrebattra pendant la nuit pour empêcher la construction des batteries de siège. Le terrain sera éclairé, dans ce but, à la lumière électrique.

Si l'assiégeant ouvre le feu au jour, il sera difficile de lui répondre avec les batteries de crête, mais les batteries hors de vue bien dissimulées pourront agir, surtout si, à l'aide de bons observatoires (de ballons, par exemple), on a pu repérer les emplacements des batteries de même nature de l'attaque.

Continuons à supposer que l'assiégeant arrive à réduire au silence l'artillerie de la défense. Toutes les dispositions devront être prises pour recevoir l'assaut. A cet effet, les troupes d'infanterie éviteront avec soin de venir occuper trop tôt les parapets : elles se tiendront dérobées aux vues et abritées, autant que possible. Les pièces de gros calibre cesseront leur feu, les pièces de campagne, placées en arrière des flancs des ouvrages et bien dissimulées, seront disposées de façon à prendre en flanc les colonnes d'assaut.

Lorsque les observateurs placés dans les ouvrages[1] annonceront l'arrivée de ces colonnes, l'alerte sera donnée et quand elles seront à 400 ou 500 m au plus des ouvrages, tous les défenseurs occuperont leurs postes de combat et un feu rapide d'infanterie sera ouvert à ce moment. Les pièces de la défense propre des ouvrages agiront en même temps, ainsi que celles qui battent les intervalles.

En n'occupant leurs postes de combat qu'au moment que nous venons d'indiquer, les troupes d'infanterie n'ont pas à redouter l'artillerie de l'attaque à grande distance. Celle-ci n'a pas réglé son tir, puisque le défenseur ne s'est pas

1. Si c'est possible, dans des observatoires à l'épreuve.

encore montré, et elle risquerait d'atteindre les colonnes d'assaut. Von Sauer en convient.

Poursuite. — Si l'attaque échoue, il sera difficile de poursuivre l'assiégeant, mais l'artillerie légère interviendra à ce moment et les pièces à longue portée tireront à mitraille sur les colonnes en déroute.

Retraite. — Si, au contraire, l'attaque réussit, le défenseur se retirera aussitôt que possible sur le noyau central ou sur une position intermédiaire, s'il en existe une.

2° DÉFENSE DU NOYAU CENTRAL OU D'UNE POSITION INTERMÉDIAIRE.

La défensive d'une position intermédiaire entre le noyau central et la position principale sera conduite comme celle de cette dernière.

Il en sera de même de la défense du noyau central, avec la différence que nous avons indiquée à propos de l'attaque. Il faudra donc prendre toutes les précautions nécessaires pour supporter un bombardement qui ne saurait être de longue durée, exercer une surveillance active sur les abords de la fortification et assurer un bon flanquement des fossés.

CHAPITRE III.

ATTAQUE ET DÉFENSE D'UNE PLACE DONT L'ORGANISATION DÉFENSIVE EST COMPLÈTE.

Nous allons maintenant considérer l'attaque et la défense d'une place dont l'organisation est complète. Parce que la place n'est pas attaquée sitôt après la déclaration de guerre, les troupes complémentaires ont pu arriver à temps, tous les travaux de mise en état de défense ont été exécutés [1].

Composition et répartition de la garnison. — Dans ces conditions, les troupes de secteur occupent les centres de résistance de la position avancée, ainsi que les ouvrages permanents de la position principale. Le noyau central comporte aussi une garnison particulière. La réserve générale comprenant des troupes de toutes armes est constituée. La garnison totale de la place est ainsi divisée en trois parties : *garnison des ouvrages permanents, troupes de secteurs et réserve générale.*

Dans les calculs auxquels nous nous sommes livré à propos des exemples d'organisation défensive que nous avons traités, nous sommes arrivé aux chiffres suivants relatifs à la composition de la garnison :

Environ 30 bataillons d'infanterie (y compris les auxiliaires nécessaires à l'artillerie) ; 4 000 à 5 000 artilleurs ; 4 à 5 compagnies du génie ; 3 000 à 4 000 hommes des services administratifs, de santé, de la gendarmerie, etc. ; soit un total de 40 000 hommes. C'est un maximum qu'il convient de ne pas dépasser pour ne pas trop distraire des troupes des armées en campagne et pour ne pas se trouver dans la nécessité d'accumuler dans les places des approvisionnements en vivres trop considérables.

---

1. Cette circonstance se présentera toujours pour les places de deuxième ligne.

Cette garnison est supposée répartie comme il suit au début du siège :

1 compagnie dans chaque fort ou ouvrage intermédiaire, ce qui donné, pour 16 ouvrages, 16 compagnies ou.		4 bataillons.
1 bataillon par intervalle d'ouvrage (de 2 000 à 2 500 m), et, pour 16 intervalles	16	—
Pour la garde de l'enceinte	2	—
Pour fournir les auxiliaires de l'artillerie . . .	2	—
A la réserve générale	6	—
Total. . . .		30 bataillons.

Plus tard, lorsque les secteurs d'attaque seront déterminés, on les renforcera au moyen de troupes tirées d'autres secteurs.

Composition et répartition de l'armement. — En ce qui concerne l'armement, toujours d'après les exemples traités, nous trouvons qu'une grande place devrait avoir de 500 à 600 pièces de tous calibres. D'après les idées actuelles, la moitié environ de cet armement se composerait de pièces de gros et de moyen calibre et l'autre moitié, de pièces de campagne et de pièces à tir rapide.

Nous admettrons que, par suite de la présence d'obstacles passifs, la place n'est abordable que sur 6 intervalles de fort et que l'armement des ouvrages est suffisant dans les intervalles inabordables pour en assurer la garde.

L'armement pourra être réparti, au début des opérations, de la manière suivante :

Chaque fort contiendra : 10 pièces légères ou à tir rapide pour le flanquement des intervalles et sa défense propre et 10 pièces pour le flanquement des fossés, soit 20 pièces par fort, et, pour 8 forts . .	160 pièces.
A chaque ouvrage intermédiaire, nous affecterons 8 pièces pour le flanquement des intervalles et pour sa défense propre (nous admettrons que l'on a adopté	
A reporter. . . .	160 pièces.

Report. . . .	160 pièces.
le profil triangulaire, c'est-à-dire le flanquement direct par les crêtes), soit pour 8 ouvrages	64 —
Chaque intervalle abordable de fort recevra 20 pièces de gros calibre ; soit pour 6 intervalles. . .	120 —
et 20 pièces de moyen et petit calibre ; soit pour 6 intervalles	120 —
(Les pièces de 95, 90, 80 seront en grande partie sur la position avancée.)	
Les pièces affectées à la réserve générale seront calculées à raison de 4 pièces de campagne par 1 000 hommes. Soit pour 6 000 hommes	24 —
Sur l'enceinte, nous placerons 2 pièces par bastion ; ce qui donne, pour une enceinte de 6 bastions.	12 —
L'armement disponible comprendra	60 —
Total	600 pièces.

En résumé, en comptant l'armement des ouvrages capable d'agir sur le terrain extérieur, chaque intervalle abordable de fort est défendu par 58 pièces (10 pièces provenant des deux forts [1], 8 pièces de l'ouvrage intermédiaire et 40 pièces de l'intervalle).

Une attaque brusquée peut-elle réussir? — Devant une telle place, nous ne pensons pas qu'une attaque brusquée puisse réussir d'emblée. En effet, la réserve générale de la garnison va faire, au début, de la défense active ; c'est-à-dire que des détachements tirés de cette réserve vont défendre à bonne distance de la place, mais sans perdre la protection de son canon, les principales voies de communication qui y conduisent. L'assiégeant sera donc signalé à grande distance et ne pourra, par suite, surprendre le défenseur. Ensuite, il sera arrêté par les détachements de la réserve générale. Ces détachements ne s'engagent pas à fond, mais, bien appuyés par le canon de la place, ils tiennent assez longtemps pour arrêter les avant-gardes

1. La moitié de l'armement des forts peut agir sur l'intervalle compris entre deux forts consécutifs.

ennemies et obliger le gros des troupes à intervenir. Après quoi, ils se replient sur la place en détruisant les ouvrages d'art, d'après les instructions du gouverneur. Tout cela va bien retarder l'arrivée des colonnes d'attaque devant la place.

Supposons cependant qu'elles continuent quand même leur marche d'approche; la réserve générale s'est repliée; les troupes de secteurs occupent leurs postes de combat; le front d'attaque est réduit, grâce à l'utilisation des obstacles passifs; c'est un inconvénient pour l'assiégeant qui ne peut tirer parti de sa supériorité numérique. Il faut qu'il attaque les centres de résistance de la position avancée bien appuyés par l'artillerie de la position principale qu'il n'est pas en état de contrebattre avec ses pièces de campagne et ses pièces courtes de siège et qui lui rendrait intenable le terrain conquis, s'il parvenait à s'en emparer. Grâce à l'organisation que nous avons décrite, ces centres de résistance ne peuvent être attaqués que de front, puisque leurs flancs et leurs derrières sont appuyés par l'artillerie placée sur la position principale et qui restera intacte tant que le défenseur tiendra sur la position avancée [1].

Aussi pensons-nous que, dans ces conditions, l'attaque ne peut pas être brusquée. Elle ne peut pas avoir le caractère de rapidité que lui assigne von Sauer. Il faut que l'assiégeant ait à sa disposition des pièces à longue portée et des approvisionnements suffisants, c'est-à-dire qu'il installe un parc et des établissements importants; qu'il les protège, et qu'il fasse, dans ce but, un investissement sérieux; en un mot, il faut qu'il en vienne à une attaque régulière.

---

1. Parce que les centres de résistance de la position avancée maintiennent l'artillerie de l'assiégeant à au moins 2 000 m de leur front et, par suite, à plus de 5 000 m de la position principale.

ATTAQUE RÉGULIÈRE.

PRÉLIMINAIRES DU SIÈGE.

Investissement. — La première opération de l'attaque régulière, c'est l'investissement. Nous n'entrerons pas dans les détails de cette opération que tout le monde connaît. Nous dirons seulement qu'elle s'exécute par un déploiement circulaire des troupes autour de la place. Le point délicat, c'est le passage des cours d'eau, que les troupes de la réserve générale défendent d'une manière spéciale.

Après une suite de combats livrés avec les troupes de la défense, l'assiégeant, grâce à sa supériorité numérique, arrive quand même à cerner la place ; puis à resserrer le premier investissement qui n'était que *provisoire,* de façon à se rapprocher suffisamment des positions de la défense. L'investissement est alors *définitif.*

Il faut occuper le terrain ; organiser, à l'aide de la fortification passagère, une position de combat en dehors de la portée efficace de la grosse artillerie de la défense ; c'est-à-dire, en terrain découvert, à 5000 ou 6000 m de la position principale.

En avant, s'étendra un réseau d'avant-postes. L'artillerie de campagne, en grande partie placée sur cette position, est destinée à l'appuyer en cas de sortie de l'assiégeant.

Cet ensemble sera occupé par les troupes de première ligne. Celles de deuxième ligne, à peu près d'égale force, seront en arrière et au repos, à l'abri des coups de la grosse artillerie de la défense, c'est-à-dire à une dizaine de kilomètres de celle-ci et à 4 ou 5 km de la position de combat de *l'investissement.*

Force de l'armée chargée de l'investissement. — Il est difficile de se rendre compte, d'une manière précise, des for-

ces nécessaires pour investir une place. On admet, en général, qu'il faut 1,7 homme par mètre courant compté sur la ligne des sentinelles de l'attaque. Cette répartition n'est d'ailleurs pas uniforme ; elle dépend du terrain. Dans les exemples que nous avons traités, nous avons trouvé qu'une division d'infanterie, ayant une de ses brigades en première ligne et l'autre en deuxième ligne, peut surveiller un front de 5 000 m dans les secteurs que l'on choisira comme secteurs d'attaque, et 10 000 m dans les autres secteurs. Nous arrivons ainsi, pour la place que nous supposons attaquée, à un effectif de 4 corps pour l'armée de siège[1].

Cette armée est protégée du côté de l'extérieur par les armées qui tiennent la campagne.

Préparatifs du siège. — Pendant que s'exécutent les travaux de l'investissement, le commandant du siège détermine le point d'attaque et fait rédiger le projet de siège, afin de fixer la composition des troupes complémentaires (artillerie de forteresse et génie), de l'armement et des approvisionnements nécessaires.

On compte que l'armement doit comprendre un nombre de pièces égal environ aux $\frac{3}{2}$ des pièces de la défense que l'attaque aura à contrebattre. Lorsque le gouverneur est parvenu à déterminer la zone des attaques, il en renforce l'armement en même temps que la garnison. On estime généralement que le nombre de pièces qu'il placera dans les secteurs attaqués variera de 200 à 250. Dans ces conditions, l'attaque devrait disposer de 300 à 400 pièces, c'est-à-dire de 2 à $2\frac{1}{2}$ équipages de siège ayant la composition normale[2].

---

1. De l'avis du général Gourko, l'investissement peut être maintenu avec beaucoup moins de troupes qu'il n'en a fallu pour le réaliser.

On peut aussi remplacer, en partie, les troupes actives par des troupes de l'armée territoriale.

2. Voir, pour la composition des équipages de siège, les documents officiels.

On calculera les troupes d'artillerie de forteresse à raison d'une batterie de 300 hommes pour 8 pièces (services accessoires compris).

On admet que les troupes du génie sont deux fois plus nombreuses que dans une armée en campagne.

Parc d'artillerie. — Toutes les troupes et tout le matériel de complément sont concentrés dans la zone des attaques. On organise le *parc d'artillerie* près d'une voie ferrée et en dehors des coups de la grosse artillerie de la défense, soit à une dizaine de kilomètres de la position principale. Le parc est divisé en *grand parc* (voitures, bouches à feu, outils, etc.), *parc à munitions* (ateliers de chargement, dépôts de matières premières et de matières confectionnées), *magasins à poudre principaux* et *petit parc* (réparations, distributions d'outils). Cet ensemble est généralement groupé dans une même localité et desservi par une gare bien ménagée.

On organise ensuite les dépôts intermédiaires entre les batteries et le parc (ce sont des annexes de ce dernier), et on réunit tous ces éléments entre eux au moyen de voies ferrées étroites. Enfin, on installe les ateliers de fascinage, généralement dans les cantonnements.

Parc du génie. — Le *parc du génie* est établi à proximité de celui de l'artillerie, mais il est généralement plus rapproché de la place que ce dernier. Il contient tous les outils et les matériaux nécessaires pour les travaux de sape, de mine, pour les destructions diverses, pour la construction et la réparation des voies ferrées, etc.

On y joint un parc d'aérostiers.

Enfin on organise le service des subsistances, le service de santé, la trésorerie, les postes, la prévôté, etc.

Conduite de la défense pendant les préliminaires du siège. — Pendant l'investissement, la réserve générale cherche à contrarier cette opération. Elle opère comme nous l'avons déjà dit. Son but est d'entraver la marche des colonnes, sans perdre la protection de la place. Refoulée sur

la position avancée, la défense va contrarier les préparatifs de l'attaque ; la harceler par des sorties et des coups de main ; tirer sur ses établissements, de préférence la nuit, afin de ne pas démasquer l'emplacement de ses pièces. Elle devra faire tout son possible pour contrarier l'établissement des premières batteries de l'attaque.

PREMIÈRE PÉRIODE DU SIÈGE. — ATTAQUE DE LA POSITION AVANCÉE.

A. Conduite de l'attaque.

Les préparatifs du siège sont achevés. L'assiégeant, malgré tous les efforts du défenseur, a réussi (nous le supposons du moins) à installer ses premières batteries que nous appellerons *batteries de première période*. Il va maintenant engager la lutte avec la défense (fig. 6).

I. — Préparation de l'attaque.

D'après ce que nous savons déjà, il ne saurait enlever de haute lutte la position avancée, avant d'avoir fait taire, momentanément du moins, l'artillerie de la position principale qui appuie cette dernière.

A cet effet, l'assiégeant a établi des batteries de pièces longues (155^{mm} long et 120^{mm}) en arrière de la position de combat de l'investissement ; il tirera des obus à mélinite (autant que possible) avec le 155^{mm} long, sur les ouvrages et les buts de grande étendue, et des obus à mitraille avec le 120^{mm} sur les batteries de la défense qui appuient les centres de résistance de la position avancée, et pour obliger ces batteries à se démasquer, il fera de fausses attaques.

En même temps, il préparera par son artillerie de campagne et, au besoin, par des pièces courtes de siège, l'attaque des centres de résistance de la position avancée.

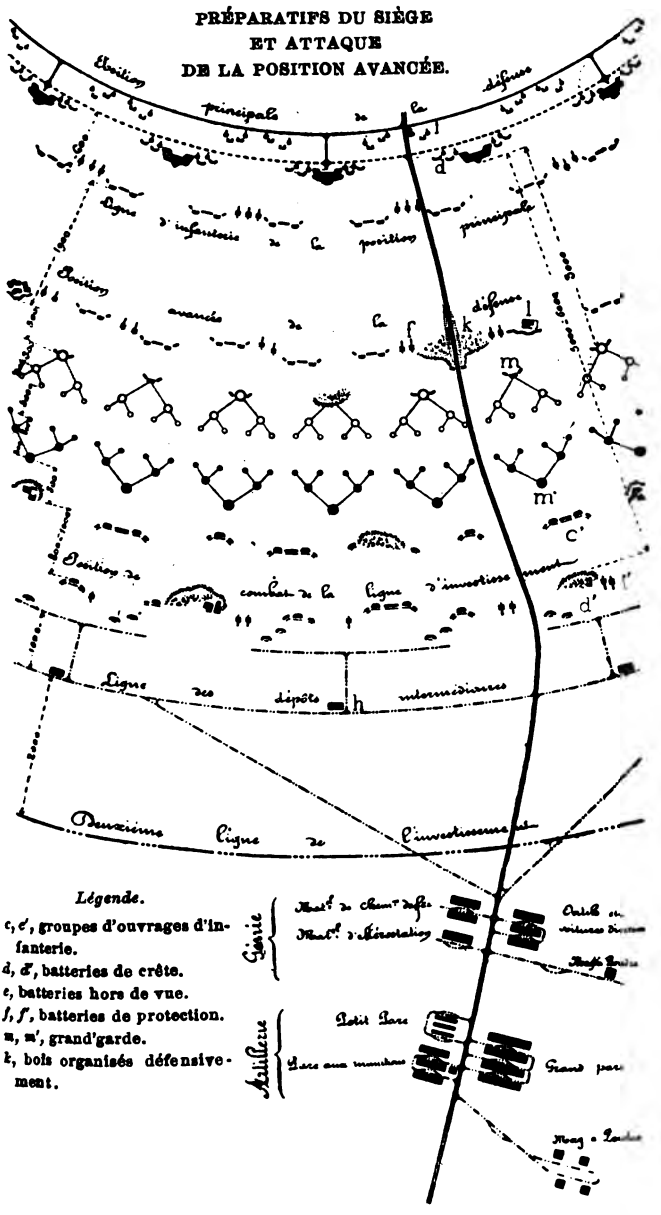


Fig. 6 $\left(\frac{1}{100\,000}\right)$.

II. — Exécution de l'attaque.

Lorsque les pièces de la position principale qui appuient ces centres de résistance seront réduites au silence, lorsque la préparation de l'attaque sera suffisante, l'assaut sera donné.

Il peut arriver qu'en une seule fois on ne puisse s'emparer de tous les centres de résistance de la position avancée compris dans la zone des attaques, soit parce qu'on n'aura pas pu contrebattre toutes les pièces qui les appuient, soit pour toute autre raison. Dans ce cas, on procède par échelons et on gagne progressivement du terrain. En profitant des avantages acquis, on cherchera à faire évacuer les centres de résistance que l'on n'a pu attaquer, sans y prendre pied toutefois, et on s'en rapprochera de façon à pouvoir contrebattre les batteries qui les appuient ; après quoi on pourra s'emparer de ces centres de résistance. La première période du siège peut donc comprendre plusieurs phases.

Telle est la méthode dans son ensemble.

Nous remarquerons qu'il n'est pas nécessaire d'attaquer la position avancée sur tout le pourtour de la place, mais seulement dans les secteurs d'attaque.

III. — Occupation de la position ou retraite.

Si l'assiégeant est victorieux, il occupe la position avancée et la retourne contre le défenseur. Mais à ce moment, il est soumis au feu des batteries hors de vue de la défense qu'il n'a pu contrebattre. Sans doute, ces batteries n'ont pu gêner la marche des colonnes d'assaut ; leur tir est trop lent, par suite de la difficulté du pointage. Mais elles peuvent agir sur les points fixes du terrain, sur les

centres de résistance dont l'assiégeant vient de s'emparer. Aussi l'assaut sera-t-il avantageusement donné à la fin du jour, afin de profiter de la nuit pour établir le plus vite possible des batteries de pièces courtes[1] dans le but de contrebattre les batteries de même nature de la défense qui tirent sur la position avancée.

Si, au contraire, l'attaque échoue, les colonnes d'assaut doivent battre en retraite, sous la protection de leur réserve spéciale, puis de la réserve générale. Lorsque le front est démasqué, le feu est ouvert de nouveau contre les positions du défenseur pour empêcher un retour offensif de ce dernier.

Il faut recommencer la préparation de l'attaque.

B. Conduite de la défense.

Nous avons déjà dit que la défense doit faire tout son possible pour contrarier l'établissement des batteries de première période de l'attaque. Si elle peut arriver à les repérer, elle les couvrira de projectiles avant que celles-ci aient pu régler leur tir. La supériorité du nombre n'est rien en comparaison de la rapidité du réglage du tir; 50 pièces qui ont cet avantage d'un tir réglé en tiendront en respect 100 autres qui ne l'auront pas. Aussi est-ce un point capital pour la défense d'avoir de bons observatoires et les ballons sont dans ce cas.

Si, au contraire, l'assiégeant a l'avantage du réglage du tir, il est difficile de lutter avec lui, car il acquerra bien vite la supériorité du feu. Il vaut mieux, ce nous semble, refuser le combat, cesser le feu, désarmer pendant la nuit les batteries trop éprouvées et reporter les pièces en d'au-

1. L'installation de ces pièces est très rapide en ce qu'elle n'exige, le plus souvent, qu'une simple plate-forme.

tres points d'où elles puissent agir, dans la suite, sur les troupes de l'assiégeant.

En tous cas, les troupes d'infanterie et les pièces légères devront être abritées et dérobées aux vues de l'attaque. Il faudra apporter beaucoup d'attention à reconnaître les fausses attaques, afin de ne pas démasquer trop tôt les pièces qui appuient la position avancée.

Enfin, lorsque les colonnes s'élanceront à l'assaut, on observera la tactique que nous avons déjà indiquée. A ce moment, l'artillerie de la position principale entrera de nouveau en jeu afin d'appuyer les flancs des centres de résistance de la position avancée.

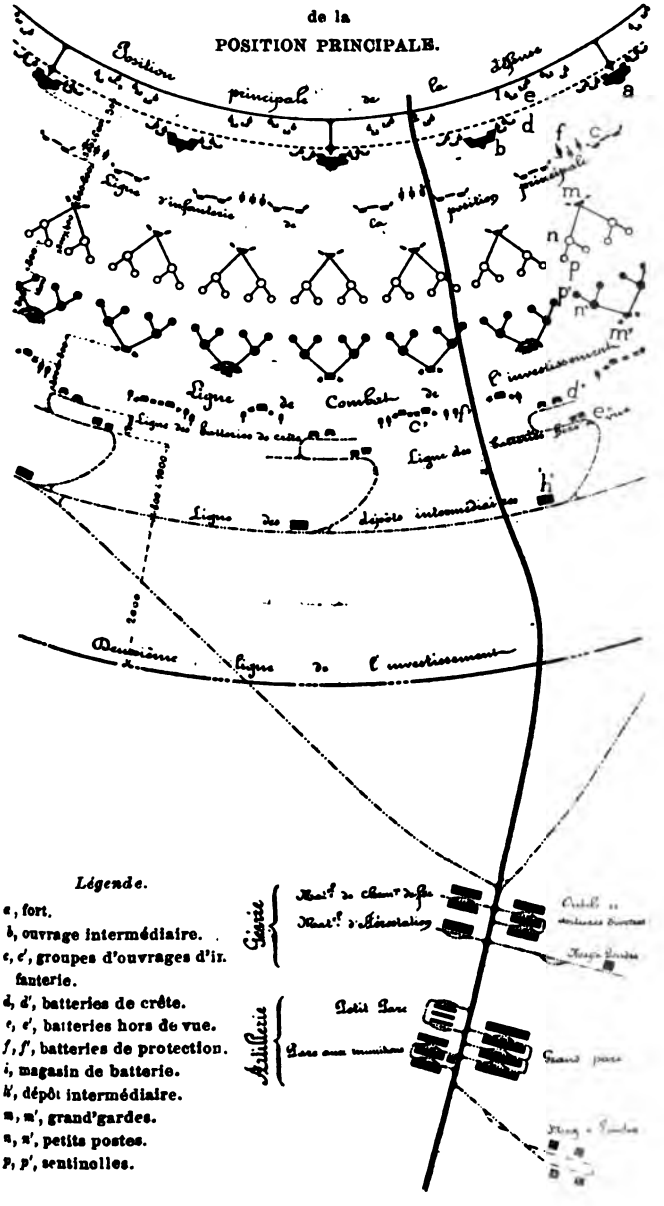
Si l'attaque échoue, il faut aussitôt exécuter un retour offensif, avec les troupes de la réserve générale tenues prêtes à agir et renforcées, au besoin, par les troupes de secteurs.

Si, au contraire, l'assiégeant est victorieux, le défenseur se retirera sur la position principale, en défendant les positions intermédiaires, s'il en existe, et fera pleuvoir une grêle de projectiles sur la position avancée pour en rendre l'occupation difficile à l'assiégeant. Une contre-attaque est peut-être encore possible à ce moment.

Si l'on observe rigoureusement la tactique que nous venons d'indiquer, nous pensons que la résistance sur la position avancée peut être de longue durée ; elle a été de 65 jours à Belfort, pour un siège de 103 jours.

Influence de la poudre sans fumée. — Ajoutons que la difficulté pour l'attaque de régler son tir sur des ouvrages de faible relief et des batteries invisibles, que l'usage de la poudre sans fumée, qui n'indique pas les emplacements du défenseur et ne permet plus aux colonnes d'assaut de s'avancer à l'abri d'un nuage de fumée sont autant d'avantages dont le défenseur doit savoir tirer parti.

PRÉPARATION DE L'ATTAQUE
de la
POSITION PRINCIPALE.



Légende.

a, fort.
b, ouvrage intermédiaire.
c, c', groupes d'ouvrages d'infanterie.
d, d', batteries de crête.
e, e', batteries hors de vue.
f, f', batteries de protection.
i, magasin de batterie.
h', dépôt intermédiaire.
m, m', grand'gardes.
n, n', petits postes.
p, p', sentinelles.

Fig. 7 $\left(\frac{1}{100000}\right)$.

tres points d'où elles puissent agir,
troupes de l'assiégeant.

En tous cas, les troupes d'in
gères devront être abritées et
que. Il faudra apporter beau
les fausses attaques, afin de
pièces qui appuient la po

Enfin, lorsque les co
observera la tactique
moment, l'artillerie
nouveau en jeu af
résistance de la p

Si l'attaque é
offensif, avec
prêtes à agir
secteurs.

Si, au
se retire
sitions
grêle
l'oc
est

ON DE L'ATTAQUE
PRINCIPALE.

(fig. 7).

que brusquée tentée
réussir aussitôt après
il est probable que les
ne seront pas suffisam-
quement des intervalles
stacles à faire disparaître
est pas détruite. Dans ces
de nouveaux préparatifs.
construire les *batteries de*
détruire l'artillerie de la
mplètement ses points d'ap-
pièces auront pour objectif la
ppuie la position principale,
position avancée, mais, toute-
efficace.
mmencer des opérations analo-
avons déjà décrites. Mais, avant
un mot de l'organisation des bat-
ale.
sées dans des batteries de crête et
le vue de la même manière que
le mode d'observation est le même.
sont de 4 pièces et groupées par 4 ou
d'un officier supérieur. Avant
doivent être approvisionnées à 2 jours
rie, 1 jour dans le dépôt intermédiaire
que groupe), 4 jours au parc.
teries de la deuxième période seront
on désarmera celles de la première
pas utile de conserver.

le
es ac
s pièce
ous à m
même espèc
la ligne d'in
Les mort
les ouvrage
possible, la
tiers de la d
Les pièces
forceront l'a
tion et contr
Avec les ob
lenseurs les
Après la lu
réduite au sil
pièces sont de
magés, l'assié
tre la position

1. Le mortier d
2. Il convient d
sa précision ne se

REVUE DU G

soi
les pré
longues
les pi
les pal
cuirassell
essoires.
de 120mm
ville, aur
de la défe
nterie.
s de 220m
pour crer
contrescarp
ense1.
e155mm
des
tront
central
aux dis
te d'artille
nce, si se
truites, se
sant peut
principale

220 ne doit
ne pas tirer
it plus sum

IE. — NOV

Mais si tous ces résultats n'ont pu être obtenus, il devra continuer l'attaque régulière.

B. Conduite de la défense.

Aux préparatifs de l'attaque, la défense répond par de nouveaux préparatifs. Elle complète l'organisation de la position principale et celle de la position de soutien. Elle renforce la garnison [1] et l'armement des secteurs menacés; elle complète les approvisionnements, etc.

Toute son activité doit se porter sur ce point : découvrir les emplacements des batteries de deuxième période de l'attaque, les faire repérer par toutes ses pièces et les couvrir de projectiles. Régler son tir avant l'attaque, telle est sa règle de conduite, sous peine d'échec.

Si l'assiégeant a le dessus, le défenseur devra désarmer peu à peu ses batteries et reporter les pièces sur la position de soutien; puis il attendra l'assaut et sa conduite est celle que nous avons indiquée à propos de l'attaque brusquée.

TROISIÈME PÉRIODE DU SIÈGE. — ATTAQUE RAPPROCHÉE DE LA POSITION PRINCIPALE.

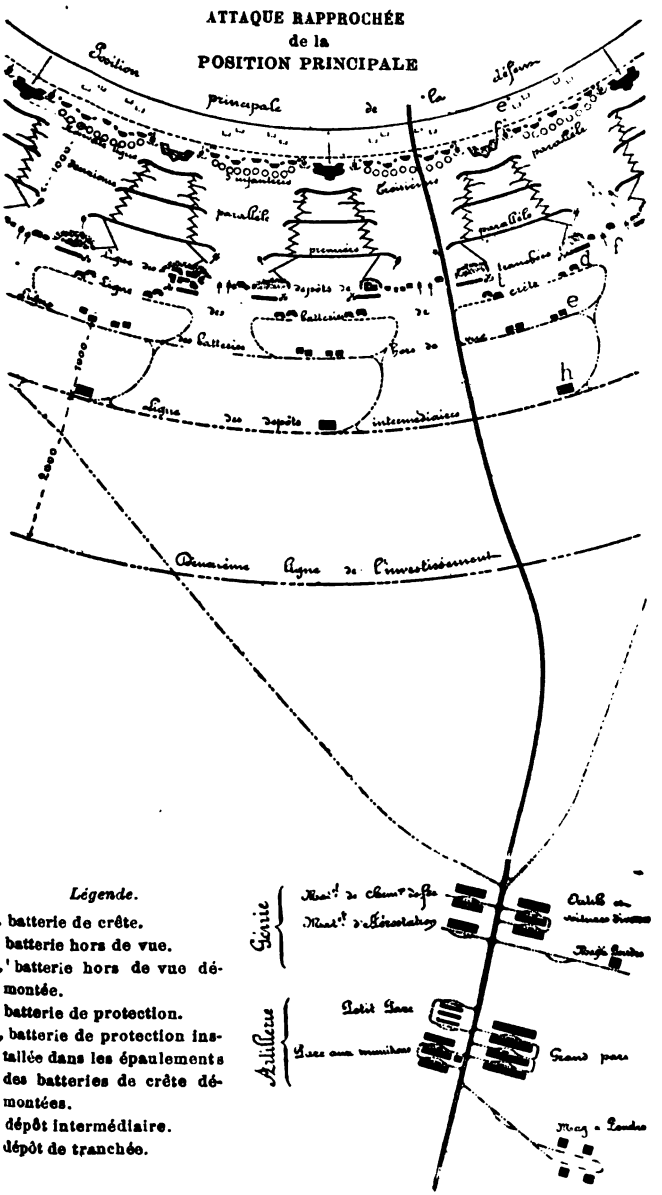
Si, après la lutte d'artillerie, les pièces de la défense ne sont pas détruites, si elles ont pu être reportées en partie sur la position de soutien, si les ouvrages ne sont pas suffisamment endommagés, si le flanquement des intervalles subsiste, l'assiégeant a peu de chance de réussir dans une attaque brusquée. Il est prudent de continuer l'attaque régulière (fig. 8).

A. Conduite de l'attaque.

Il rapprochera ses batteries et il les armera généralement avec les pièces de siège les plus mobiles (120^{mm}, 155^{mm}

---

1. La garnison des secteurs attaqués est, au plus fort de la lutte, de 1,5 homme par mètre courant de ligne de feu.



Légende.

d, batterie de crête.
e, batterie hors de vue.
e', batterie hors de vue démontée.
f, batterie de protection.
f', batterie de protection installée dans les épaulements des batteries de crête démontées.
h, dépôt intermédiaire.
i, dépôt de tranchée.

Fig. 8. $\left(\frac{1}{100000}\right)$

court), afin d'achever la désorganisation des points d'appui, de détruire les organes de flanquement des intervalles et de faire brèche ; quelques mortiers de 220^{mm} et quelques pièces de 155^{mm} long seront nécessaires pour arriver plus sûrement à ce résultat. En même temps, il contrebattra la position de soutien. En somme, c'est toujours le même jeu : *En même temps qu'on attaque une position, il faut contrebattre celle qui l'appuie.*

Nous désignerons ce nouvel échelon d'artillerie sous le nom de *batteries de troisième période.*

Première parallèle. — Toute cette installation est protégée en avant par une série de tranchées ou premières parallèles ouvertes à 800 ou 1 000 m au plus des ouvrages attaqués. C'est dans ces parallèles que seront placées les gardes de tranchée, c'est-à-dire les troupes d'infanterie chargées du service de protection ; des pièces de campagne renforceront les ailes de ces parallèles et contribueront à repousser les sorties.

Lorsque ces nouveaux préparatifs sont achevés, le feu est ouvert sur les ouvrages et sur les batteries de la défense.

Après ce nouvel effort, une attaque brusquée peut être possible ; mais il faut pour cela que le flanquement des intervalles soit détruit, que les ouvrages soient désorganisés et que la position de soutien ait pu être suffisamment contrebattue.

Dans le cas contraire, il faut continuer l'attaque régulière.

Il est clair que si les points d'appui résistent, il est de toute nécessité que l'assiégeant s'en empare. Or, à mesure qu'il s'approche de la position principale, le terrain devient de moins en moins couvert. D'où la nécessité de cheminer en tranchées. Sans doute, les cheminements n'auront pas le caractère de continuité qu'ils avaient au temps de Vauban. On utilisera tous les obstacles du sol utilisables et on les reliera par des tranchées défilées. On

arrivera ainsi à mi-distance de la première parallèle et de la place.

Deuxième et troisième parallèles. — A ce moment, il semble nécessaire de réunir tous ces cheminements par une deuxième parallèle, afin de prendre réellement pied sur le terrain conquis. Les têtes des cheminements ne seraient d'ailleurs plus suffisamment protégées par la première parallèle.

De la deuxième parallèle, on partira suivant de nouveaux cheminements que l'on poussera jusqu'au pied du glacis et on les réunira par une *troisième parallèle.* C'est dans cette dernière que seront rassemblées les colonnes d'assaut; c'est de là que l'on partira pour détruire le système de mines de la défense, s'il en existe un ; ou pour renverser la contrescarpe par la mine, si elle est construite en béton et si l'artillerie, à distance, n'a pu l'endommager sérieusement.

Au moment de l'ouverture de la première parallèle, il est probable que la ligne d'infanterie de la position principale aura été reportée entre les ouvrages, car, n'étant plus soutenus par l'artillerie de cette position, les centres de résistance de cette ligne ne sauraient tenir bien longtemps.

On travaillera aux préparatifs de l'assaut : renversement de la contrescarpe par la mine, destruction de la grille d'escarpe ; ou bien si les fossés sont creusés dans le roc, on cherchera à les franchir au moyen de ponts volants, s'ils ne sont pas trop larges. Dans le cas contraire, on masquera les organes de flanquement, on enfumera les coffres de contrescarpe et on descendra dans le fossé. Ces préparatifs achevés, l'assaut sera donné.

En présence d'un défenseur vigilant, il conviendra de préparer l'assaut la nuit et de le donner au commencement du jour.

Si l'assaut ne peut être surpris, il faut bombarder les ouvrages, pour obliger le défenseur à rentrer sous ses

abris, et contrebattre la position de soutien. Cette dernière précaution est indispensable.

Maître de la position principale, l'assiégeant s'y installe, la retourne contre le défenseur et se prépare à attaquer la position de soutien et le noyau central.

B. Conduite de la défense.

La défense doit faire tout son possible pour contrarier l'ouverture de la première parallèle et la construction des batteries de troisième période. A cet effet, le terrain extérieur sera éclairé la nuit à la lumière électrique et parcouru par des patrouilles fréquentes. Une sortie tentée pendant l'exécution des travaux est de nature à les faire ajourner pour quelque temps.

Dans le cas où une attaque brusquée aurait lieu après l'ouverture du feu des batteries de troisième période, l'artillerie placée sur la position de soutien interviendrait à ce moment. La conduite à tenir est celle que nous avons indiquée à propos de l'attaque de la position avancée.

Si l'assiégeant continue ses cheminements, le défenseur devra en contrarier l'exécution. Il les repérera pendant le jour et, pendant la nuit, des pièces légères les prendront d'enfilade et les couvriront de mitraille ; après quoi, elles se retireront. Des mortiers légers seront aussi très utilement employés pour atteindre l'ennemi dans ses tranchées et pour gêner les têtes de sape.

La garnison devra faire tous ses efforts pour contrarier les préparatifs de l'assaut ; elle redoublera de vigilance ; les pièces de flanquement seront tenues prêtes à tirer. Pendant la nuit, on réparera les brèches ou on les mettra en état de défense. La garnison sera mise à l'abri, mais se tiendra prête à se porter sur les remparts au premier signal. Un service de surveillance sera organisé de façon

à être prévenu à temps de la sortie des colonnes d'assaut de la troisième parallèle.

Au moment décisif, les troupes occupent immédiatement leurs postes de combat ; les pièces légères et à tir rapide sont mises en batterie et la conduite à tenir est celle que nous connaissons déjà. La position de soutien intervient aussi pour appuyer les flancs des ouvrages attaqués.

Si l'assiégeant échoue, une contre-attaque est exécutée par les troupes de la réserve générale. S'il est victorieux, le défenseur se replie sur la position de soutien et celle-ci couvre de projectiles la position principale pour la rendre intenable à l'assiégeant. Un retour offensif peut être possible à ce moment.

QUATRIÈME PÉRIODE DU SIÈGE. — ATTAQUE DE LA POSITION DE SOUTIEN ET DU NOYAU CENTRAL.

Les opérations que nous avons décrites vont être reprises en totalité ou en partie devant la position de soutien et le noyau central. L'assiégeant rapprochera ses dépôts intermédiaires, pour la facilité du service des nouvelles batteries et ses cantonnements, pour épargner aux troupes une fatigue inutile.

En ce qui concerne les villes entourées d'anciennes enceintes, nous remarquerons que leur résistance peut durer assez longtemps, si le défenseur a pris les dispositions nécessaires pour supporter le bombardement. En effet, la brèche ne sera pas toujours facile, les fossés souvent pleins d'eau sont un obstacle sérieux, difficile à franchir, le flanquement tiré du tracé subsistera. L'assiégeant peut donc être arrêté quelque temps devant l'enceinte.

Aussi le gouverneur devra-t-il faire évacuer les quartiers menacés et transporter la population et la réserve de la garnison dans les secteurs non attaqués. C'est là, dans une sorte de réduit général, que seront reportés les approvisionnements. Il existe des villes où l'on trouve, à l'inté-

rieur du périmètre défensif, des tunnels, des carrières, des souterrains : ce sont des abris à l'épreuve tout indiqués.

A l'intérieur du noyau central, on organisera avec soin le service des incendies, afin d'éviter, autant qu'on le pourra, la destruction de la ville. Mais ce n'est pas cette éventualité qui devra arrêter le gouverneur, s'il a les moyens de conserver sa garnison intacte et de mettre la population civile à l'abri. Le but de la défense, en effet, c'est de gagner du temps. De la résistance plus ou moins longue d'une place peut dépendre le sort du pays.

CONCLUSION.

En résumé, l'attaque régulière semble, de nos jours, reposer sur ces principes :

Ne jamais attaquer une position sans contrebattre celle qui l'appuie.

Dérober à la défense les dispositions adoptées et ouvrir le feu à l'improviste de façon à l'écraser.

Ne jamais négliger les points d'appui, surtout s'ils assurent un bon flanquement des intervalles.

La conduite de la défense doit tendre à gagner du temps. Elle refusera le combat le plus longtemps possible, lorsqu'elle sera refoulée sur ses positions ; elle cherchera à tromper son adversaire sur ses véritables intentions ; si elle ne peut l'empêcher d'avoir la supériorité du feu, elle ne lui répondra plus, et quand les colonnes d'assaut seront à une distance telle que l'artillerie de l'attaque ne puisse les protéger sans les atteindre, elle les écrasera sous le feu d'une infanterie et d'une artillerie intactes. Les troupes tenues en réserve exécuteront, à ce moment, une vigoureuse contre-attaque.

Nous ajouterons, d'accord avec le général von Wiebe,

que l'usage de la poudre sans fumée est plus favorable à la défense qu'à l'attaque; car il est indispensable que celle-ci se rapproche à bonne distance (à moins de 4000 m) pour ruiner la défense. Au delà, elle ne peut que l'inquiéter assez pour empêcher son artillerie d'appuyer les positions en avant. Mais dès qu'elle se rapproche, elle pénètre sur un terrain bien connu du défenseur, bien vu et bien battu de ses positions. L'assiégeant a peu de chances de gagner inaperçu une position abritée ou qu'il puisse rendre telle. Le défenseur, au contraire, a tout préparé dès le temps de paix pour dérober ses mouvements à son adversaire et connaître les siens à l'aide de bons observatoires.

Enfin, nous avons fait remarquer qu'au moment de l'assaut, l'usage de la poudre sans fumée est un avantage pour la défense et un inconvénient pour l'attaque.

SANDIER,
Capitaine du génie.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME V

(JANVIER — DÉCEMBRE 1891)

1re livraison. — Janvier-Février.

Pages.

I. — **Rapport de la Commission chargée de rechercher et d'étudier, à l'Exposition universelle de 1889, les objets, produits, appareils et procédés pouvant intéresser l'armée.** (Sous-Commission du génie) :

(*Suite et fin.*)

IV. Constructions militaires (59 figures). 5

V. Chemins de fer (31 figures) 95

II. — **Bibliographie**, par L. B. — KINDLER. *Die Organisation und Ausbildung unserer Festungstruppen* (164). — LACOSTE, *Les Poliorcétiques d'Apollodore de Damas* (168). — CAMPREDON, *L'Acier historique, fabrication, emploi* (169). 164

III. — **Renseignements divers**, par L. B. — Résultats d'expériences comparatives de tir sur des plaques en acier, en acier au nickel et en compound (4 figures) [170]. — Pont-levis roulant (2 figures) [180]. — Lampe de mine Pollak (3 figures) [182]. 170

2e livraison. — Mars-Avril.

I. — **Les coupoles cuirassées à canons des forts de Liége et de Namur**, par le capitaine du génie L. BERTRAND (37 fig.). 185

II. — **De la possibilité des voyages aériens au long cours**, par le lieutenant du génie DEBURAUX (3 fig.) 236

III. — **Emploi du béton de ciment dans les travaux de fortification en Autriche**, par L. B. (6 fig.) 265

IV. — **Bibliographie.** — *Situation actuelle de la fortification*, par le général BRIALMONT (290). — *Précis d'hygiène appliquée*, par le Dr E. RICHARD (292). — *Éléments de topographie*, par le commandant CROUZET (293). 290

V. — **Renseignements divers.** — Aéronautique. Hydrogène pur et hydrogène impur (295). — Lancement d'un pont sur une rivière à marée [1 fig.] (299). — Construction militaire

Pages.

d'une voie ferrée en Russie (300). — Expériences de tir plongeant contre des cuirasses (301). — Démolition d'un mur d'escarpe au moyen de la dynamite [1 fig.] (303). — Absorption de l'oxyde de carbone par la terre (304). — Application du liège dans les constructions (305). — Sable obtenu artificiellement [1 fig.] (311). — Influence de la grosseur du sable sur la résistance du mortier de ciment (313). — Installation mixte d'éclairage et de chauffage (316). — Les alliages légers d'aluminium (317) 295

Tenue des officiers et adjoints du génie 319

3e livraison. — Mai-Juin.

I. — **Planchers en bois et en fer**, par le capitaine du génie H. Grison (15 figures) 321

II. — **Étude sur l'établissement des ouvrages de fortification en sable boulant**, par le capitaine du génie G. Leblanc (3 figures) 365

III. — **Sur la construction d'un chemin de fer transsaharien et sur les installations destinées à le protéger**, par le général de brigade J. Gripois (2 figures) 384

IV. — **Perfectionnements apportés aux procédés d'éclairage militaire**, par L. B. (6 figures) 392

V. **Bibliographie.** — *Pantobiblion. International bibliographical review of the world's scientific literature*, 1891 (406). Espitallier, *L'Hydrogène et ses applications en aéronautique* (407) 406

VI. — **Renseignements divers.** — L'organisation des bibliothèques du corps du génie russe (411). — Travaux de casernement en Angleterre (413). 409

4e livraison. — Juillet-Août.

I. — **Étude sur le service des troupes du génie dans la guerre de campagne**, par le lieutenant-colonel du génie Duval-Laguierce 417

II. — **Sur un nouveau type de ferme parabolique applicable à la construction des ponts métalliques à voie en dessus**, par le chef de bataillon du génie Gieclard (10 figures et planche 1). 441

III. — **Note sur les mortiers et bétons de ciment**, par M. Feret, chef du laboratoire des ponts et chaussées à Boulogne-sur-Mer (2 figures) 472

IV. — **Renseignements divers.** — La caserne de Lichterfelde (4 figures) [498]. — Un stand souterrain en Angleterre (4 figures) [504]. — Un nouvel appareil de sauvetage pour les mineurs (1 figure) [508]. — Au sujet du sable obtenu artificiellement (510). — Ignifuge Martin (511). . . . . .

5e livraison. — Septembre-Octobre.

I. — **Chauffage et ventilation des casernes par l'air chaud,** par le capitaine du génie E. Dubois (3 figures) . . . . . .

II. — **Étude sur le cassage des glaces,** par le capitaine du génie L. Bertrand (13 figures) . . . . . .

III. — **Notes sur l'organisation du génie en Suisse,** par le lieutenant du génie Hellot (12 figures) . . . . . .

IV. — **Bibliographie.** — D'Ocagne, *Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques* (619). — Leblond, *Électricité expérimentale et pratique* (622). — A. Springer, *Gliederung und Ausrüstung der Armee im Felde* (625) . . .

V. — **Renseignements divers.** — Un système de pont démontable, par le capitaine du génie Allard (2 figures) [626]. — Agrafe-crampon pour la pose des planchers (4 figures) [629]. — Parquets surchênés (1 figure) [622] . . . . . .

6e livraison. — Novembre-Décembre.

I. — **Notice sur la construction rapide d'un pont de 360 m de long, établi en 1889 sur le Var,** par le capitaine du génie Clergerie et le lieutenant du génie Calmel (9 figures) . . .

II. — **De l'attaque et de la défense des places à l'époque actuelle,** par le capitaine du génie Sandier (8 figures) . . . .

TABLE DES PLANCHES

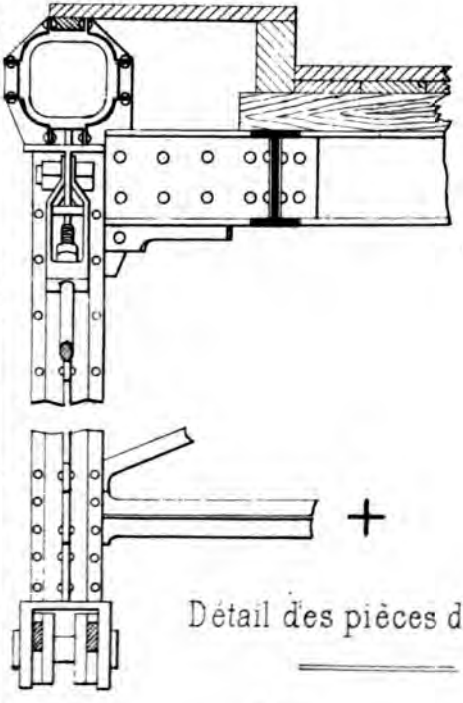
Planche I. — Poutre armée réticulaire.

Le Gérant, Ch. Norberg.

poinçon Dd ($\frac{1}{20}$)

ion et Coupe transversales

_ s^t XX _



Détail des pièces du tablier

du poinçon.

4 longerons en acier doux

I $\frac{250 - 130}{11 - 13}$

2 barres de contreventement de 40/10

e composée de 4 fers es (laminés) (Album mon Perret de Lyon N°1).

REVUE

DU GÉNIE

MILITAIRE

NANCY, IMPR. BERGER-LEVRAULT ET Cie

REVUE

DU GÉNIE

MILITAIRE

Paraissant tous les deux mois

TOME V

(Janvier — Décembre 1891)

PARTIE OFFICIELLE

PARIS

LIBRAIRIE MILITAIRE BERGER-LEVRAULT & Cie

5, rue des Beaux-Arts, 5

MÊME MAISON A NANCY

1891

PARTIE OFFICIELLE

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

INTÉRESSANT

LE SERVICE DU GÉNIE

ET SURVENUES PENDANT

LES MOIS DE DÉCEMBRE 1890 A FÉVRIER 1891.

23 décembre. — *Décision ministérielle suspendant le fonctionnement de la masse de casernement en temps de guerre.* (*B. O.*, 2e sem., p. r., p. 1581.)

Le Ministre a décidé que la masse de casernement cesserait de fonctionner, dans les corps de troupe, le premier jour de la mobilisation.

En conséquence, l'entretien des casernements sera assuré, à partir de cette époque, par le service du génie. Le droit aux prestations de ladite masse cessera, pour les corps, le jour de la mobilisation pour recommencer à courir, à la fin de la guerre, le jour où ils reprendront possession de leur casernement.

Lors de la mobilisation, l'état des lieux sera constaté contradictoirement par le service du génie et par un officier désigné dans chaque corps intéressé, ou, en cas d'impossibilité, par le sous-intendant militaire représentant le corps. Les réparations incombant au corps qui resteraient à faire seront mentionnées dans un procès-verbal, sur lequel figurera également l'estimation contradictoire des dépenses que doit entraîner leur exécution. Elles seront faites ensuite au compte du corps par le service du génie et le montant sera précompté sur le mandat à établir par le directeur pour les primes dues jusqu'au jour de la mobilisation, ou, en cas d'insuffisance de ce mandat, versé au Trésor par prélèvement sur l'avoir du corps à la masse du casernement.

22 janvier. — *Note ministérielle prescrivant la suppression de l'allocation d'une deuxième monture de tenue par les capitaines de compagnie des régiments d'artillerie-pontonniers, des escadrons du train des équipages militaires et des sapeurs-conducteurs des régiments du génie.* (*B. O.*, 1er sem., p. 2, p. 55.)

Le Ministre a décidé que pour l'application de la loi de finances pour 1891, les capitaines de compagnie des régiments d'artillerie-pontonniers, des escadrons du train des équipages militaires et des sapeurs-conducteurs des régiments du génie cesseront d'avoir droit à une deuxième monture.

Les deuxièmes montures dont ces officiers sont pourvus seront, en conséquence, versées immédiatement aux chevaux de troupe de leur corps ou service.

Celles provenant des régiments de pontonniers seront versées dans les régiments d'artillerie de la région.

12 février. — *Rapport du Ministre de la guerre au Président de la République.*

Monsieur le Président,

Dans mes rapports du 16 juin 1889 et du 18 février 1890, j'ai exposé les principales mesures prises par mon administration pour atténuer les ravages de la fièvre typhoïde dans l'armée. Ces mesures consistent essentiellement dans la suppression des fosses d'aisances fixes et dans l'amélioration des eaux potables. Cette dernière précaution surtout exerce un effet décisif sur la naissance et le développement de la maladie. Une expérience de près de trois années a démontré que, chaque fois qu'une eau pure a été substituée dans les casernes à une eau contaminée, l'épidémie qui s'était déclarée n'a pas tardé à diminuer et à s'éteindre entièrement ; et, inversement, chaque fois que l'eau, jusque-là bonne, avait été contaminée par suite de circonstances quelconques, la maladie avait bientôt fait son apparition et s'était développée tant que la cause elle-même avait duré.

C'est cette conviction qui m'a engagé à poursuivre avec persévérance l'installation de filtres perfectionnés dans tous les établissements où il n'était pas possible de faire arriver des eaux naturelles d'une qualité irréprochable. Au 1er janvier 1889, il existait un nombre de casernements représentant 230 000 places

disponibles, dans lesquelles l'installation de filtres était reconnue nécessaire. Au 1er janvier 1890, ce nombre était tombé à 153 000; il n'est plus actuellement que de 61 000, et j'ai tout lieu de croire qu'il aura disparu à la fin de l'année. En ce moment, il existe 18 759 bougies filtrantes, fonctionnant dans 264 établissements. Après quelques tâtonnements, l'installation et l'entretien n'ont plus rien laissé à désirer et la régularité des appareils est devenue parfaite.

La diminution de la fièvre typhoïde a suivi une marche parallèle. On en pourra juger par le tableau ci-après, dans lequel les nombres des cas de maladie et de décès, pendant chacune des années 1889 et 1890, sont comparés avec la moyenne des deux années 1886 et 1887; je laisse de côté l'année 1888, année de transition, dans laquelle j'ai fait procéder aux premiers aménagements.

TOUTE L'ARMÉE.		CAS de fièvre typhoïde.	DÉCÈS par fièvre typhoïde.
Moyenne des années 1886 et 1887		6881	864
Total pour l'année 1889		4412	641
— — 1890		3491	572
Diminution	en 1889	2469	229
	en 1890	3390	292
Proportion pour 100 en moins	en 1889	36	25
	en 1890	49	34

Ainsi, en 1890, la réduction sur le nombre des cas est de la moitié, et sur le nombre des décès d'un tiers. Il est assez remarquable que, dans chacune des années 1889 et 1890, les cas ont diminué dans une proportion plus grande que les décès. Cela tient sans doute à ce que, parmi les eaux remplacées ou améliorées, il s'en trouvait qui contenaient le germe typhique en proportion relativement faible et qui déterminaient peu de cas mortels. Il faut considérer aussi que les soins et précautions de tous genres, qui ont redoublé dans les corps de troupes, sont d'autant plus efficaces que les influences morbides sont moins fortes, et

qu'il est dès lors plus facile de prévenir les épidémies bénignes que d'arrêter les épidémies meurtrières.

Les résultats de 1890 auraient été encore plus satisfaisants si l'épidémie d'*influenza* qui a sévi dans les premiers mois de l'année n'avait aggravé un certain nombre de cas, ainsi qu'elle a fait pour d'autres maladies, et si, d'autre part, des épidémies locales de fièvre typhoïde n'avaient brusquement éclaté dans plusieurs garnisons, où rien ne les faisait prévoir, par suite de la contamination, constatée après coup, des conduites municipales qui fournissaient l'eau aux casernes. Il y a tout lieu d'espérer que ces accidents deviendront de plus en plus rares à mesure que l'attention des autorités civiles est davantage appelée sur cette nature de dangers.

Quoi qu'il en soit, en tenant compte que les améliorations introduites en 1890 ont été graduelles et ne porteront leur plein effet qu'en 1891, il est permis de penser, ainsi que je l'indiquais dans mon rapport du 18 février 1890, qu'une fois la réforme terminée, le nombre des cas sera réduit des trois quarts et celui des décès des deux tiers (1). Cette prévision est confirmée par les résultats obtenus dans le gouvernement de Paris, où la substitution de la bonne eau a pu être réalisée, dans tous les établissements *intra muros*, dès la fin de 1889.

GOUVERNEMENT MILITAIRE DE PARIS.		CAS de fièvre typhoïde.	DÉCÈS par fièvre typhoïde.
Moyenne des années 1886 et 1887		1270	136
Total pour l'année 1889		531	82
— — 1890		309	52
Diminution	en 1889.	739	54
	en 1890.	961	84
Proportion pour 100 en moins	en 1889.	58	40
	en 1890.	75	62

1. On ne peut espérer faire disparaître entièrement la fièvre typhoïde de l'armée, parce qu'elle y est journellement introduite par des causes extérieures (arrivée des recrues, des réservistes, alimentation en dehors des casernements, etc.).

Quand les établissements *extra muros*, qui entrent dans cette statistique, seront pourvus des filtres dont l'installation est ordonnée, le résultat annoncé sera largement atteint ou plutôt dépassé. Il n'y a pas de motif pour qu'il n'en soit pas de même sur l'ensemble du territoire, et j'ai la confiance que la statistique générale de 1892 en fournira l'éclatant témoignage.

Je suis d'autant plus fondé à l'espérer que je rencontre de toutes parts dans l'armée les concours les plus dévoués. Le commandement et le service de santé rivalisent de zèle, à tous les degrés de la hiérarchie, pour assurer le bien-être des hommes et améliorer l'hygiène. Ce n'est pas seulement sur la qualité des eaux que leur sollicitude s'exerce ; mais elle porte sur divers points qui intéressent le développement des épidémies, tels que surmenage, propreté corporelle, désinfection des casernements, etc. Ces efforts combinés auront certainement pour résultat d'abaisser dans une proportion notable la mortalité générale dans l'armée ainsi que le nombre des journées d'hospitalisation.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'hommage de mon respectueux dévouement.

Le Président du Conseil, Ministre de la guerre,
C. DE FREYCINET.

PROMOTIONS, MUTATIONS, RADIATIONS ET NOMINATIONS

Du 22 décembre 1890 au 20 février 1891.

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL.

GÉNÉRAUX DE DIVISION. — III. *Segretain* (C. A. T.), président du comité technique du génie, placé dans la 2e section (réserve) du cadre de l'état-major général de l'armée.

GÉNÉRAUX DE BRIGADE. — I. Nommé *Commandeur de la Légion d'honneur :* M. *Fleury,* commandant le génie de la 6e région ; 45 ans, 6 campagnes. Officier du 22 mai 1873 (30 décembre).

OFFICIERS.

ARMÉE ACTIVE.

COLONELS. — I. Promu *Général de brigade :* M. *Gripois,* du 3e rég., à Arras, nommé gouverneur de Laon (22 décembre).

II. M. *Lehagre,* directeur à Dunkerque, désigné pour commander le 3e rég. (25 janvier).

Nommé *Officier de la Légion d'honneur :* M. *Jourdan,* directeur du génie à Lyon ; 33 ans, 10 campagnes. Chevalier du 1er février 1872 (30 décembre).

LIEUTENANTS-COLONELS. — I. Promus *Colonels :* MM. *Bussière,* directeur à Dijon. — *Prangé,* directeur à Laon (29 décembre).

II. MM. *Coville,* chef du génie au Mans, nommé directeur au Mans (29 décembre). — *Mousnier,* directeur à Briançon, désigné pour les mêmes fonctions à Dunkerque. — *Laurent,* au 4e rég., nommé directeur à Briançon. — *Bascou,* à Versailles (provisoirement), désigné pour le 4e rég. (25 janvier).

CHEFS DE BATAILLON. — I. Promus *Lieutenants-Colonels :* MM. *Berthier,* chef du 2e bureau de la 4e division au ministère de la guerre. — *Girol,* chef d'état-major du génie en Algérie (29 décembre).

II. MM. *Legaillard,* rappelé à l'activité et désigné pour le 3e rég. (29 décembre). — *Huet,* commandant l'École du génie de Montpellier, nommé chef du génie au Mans. — *Chevallier* (L. N.), à Brest, nommé chef du génie à Troyes. — *Azibert,* au 2e rég., nommé commandant l'École du génie de Montpellier (29 décembre). — *Puton,* chef du génie à Lunéville, désigné pour le 2e rég. — *Rancillia,* breveté, chef du génie à Salins, désigné pour les mêmes fonctions à Antibes. — *Bailly,* au 2e rég., nommé chef du génie à Nîmes. — *Roux* (G. R. H.), à Cherbourg, nommé chef du génie à Granville. — *Renard* (M. J. E.), chef du génie à Granville, désigné pour les mêmes fonctions à Lunéville (25 janvier). — *Ribaucour,* au ministère de la guerre, matériel du génie, désigné pour le 1er rég. à Versailles. — *Compas,* au 1er rég., nommé chef du génie à La Roche-sur-Yon (4 février).

III. Décédé : M. *Lebourg,* chef du génie à La Roche-sur-Yon (14 janvier).

Nommés *Officiers de la Légion d'honneur :* MM. *Allotte de la Fuye,* commandant l'école du génie de Grenoble ; 29 ans, 5 campagnes, une blessure de guerre. Chevalier du 9 octobre 1870. — *Tétard,* commandant l'École de chemins de fer à Versailles ; 28 ans, 5 campagnes. Chevalier du 24 juin 1871. — *Vial,* chef du génie à Tours ; 33 ans, 4 campagnes. Chevalier du 18 juillet 1876. — *Delort,* chef du génie à Tarbes ; 26 ans, 1 campagne, 1 blessure de guerre. Chevalier du 27 septembre 1870. — *Mortagne,* hors cadre, à l'état-major du 5e corps : 29 ans, 6 campagnes. Chevalier du 16 novembre 1871 (30 décembre).

CAPITAINES EN 1er. — I. Promus *Chefs de bataillon :* MM. *Anquetil,* à Fontainebleau, désigné pour le 3e rég. — *Brullard,* au service géographique, désigné pour le 2e rég.

II. MM. *Rougier*, chef du génie à Bellegarde, désigné pour l'Algérie. — *Roussel*, du 2e rég., nommé chef du génie à Bellegarde. — *Mauchamp*, du 3e rég., désigné pour le 2e rég. (Constantine). — *Gaillard*, du 4e rég., désigné pour Épinal. — *Schweitzer*, à Nice, désigné pour Briançon. — *Kreitmann*, à l'École du génie de Grenoble, désigné pour Lyon. — *De Chappedelaine*, du 1er rég., désigné pour Le Mans. — *Giraud*, ex-officier d'ordonnance de M. le général Lévy, désigné pour le 1er régiment (29 décembre). — *Vautour*, placé hors cadres et mis à la disposition de M. le Gouverneur général de l'Indo-Chine (17 janvier). — *Bralet*, breveté, à la direction du service de la télégraphie militaire, désigné comme officier d'ordonnance de M. le général de La Taille (3 février). — *Mairot*, à la section technique du génie, désigné pour le ministère de la guerre, matériel du génie. — *Devisme*, à Quelern, désigné pour la section technique du génie (4 février).

Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur :* MM. *Monsaingeon*, trésorier au 5e rég. ; 21 ans, 1 campagne. — *Millot*, chef du génie à Miliana ; 20 ans, 3 campagnes. — *Marie*, à Oran ; 20 ans, 3 campagnes. — *Erard*, à la dir. d'Oran ; 16 ans, 7 campagnes. — *Cordier*, à Toulon ; 20 ans, 2 campagnes. — *Chardeyron*, chef du génie à Saïda ; 18 ans, 4 campagnes, 1 blessure. — *Mouy*, à Maubeuge ; 18 ans, 4 campagnes. — *Faraud*, à Belley ; 18 ans, 4 campagnes. — *Véronique*, chef du génie à Mascara ; 17 ans, 5 campagnes.

Capitaines en 2e. — I. Promus *Capitaines en* 1er : MM. *Belle*, à Batna, désigné pour le 3e rég., à Nancy. — *Borel*, à Grenoble, désigné pour le 4e rég. — *Camus*, à Dunkerque, désigné pour le 3e rég. à Arras. — *Bléard*, à Dijon, désigné pour Dunkerque. — *Gaulène*, à Toulon, désigné pour l'Algérie. — *Renaud* (P. N.), à Toul, désigné pour le 3e rég. à Toul. — *Hugot*, à Verdun, désigné pour l'établissement central d'aérostation militaire de Chalais. — *Cadroy*, à Périgueux, désigné pour Épinal. — *Perret* (J. F. C.), à Lyon, désigné pour l'Algérie (29 décembre). — *Bassenne*, à Belfort, désigné pour Remiremont. — *Hamon*, à Besançon, désigné pour le 3e rég. à Arras (25 janvier). — *Lelièvre*, à Nice, désigné pour Antibes (27 décembre). — *Bedel* (H. C. A.), au 3e rég., désigné comme officier d'ordonnance de M. le général Gripois (3 février). — *Léon*, breveté, stagiaire à l'état-major du gouvernement de la place forte de Belfort, désigné comme officier d'ordonnance de M. le général Fisson Jaubert d'Aubry de Puymorin (5 février).

III. M. *Duhamel* (A. J.), passé dans l'intendance (29 décembre).

Lieutenants en 1er. — I. Promus *Capitaines en* 2e : MM. *Multzer*, du 1er rég. à Longwy, désigné pour Grenoble. — *Sabarthez*, du 2e rég. en Algérie, maintenu en Algérie. — *Vernier*, instructeur à l'École militaire de l'artillerie et du génie à Versailles, maintenu provi-

soirement dans sa situation. — *Carthan,* au 4e rég. à Briançon, désigné pour Chambéry (29 décembre).

II. M. *de Lavit,* au 5e rég., désigné comme instructeur à l'École militaire de l'artillerie et du génie à Versailles (14 février).

Lieutenant en 2e. — III. Démissionnaire : M. *Picard* (M. E.), au 2e rég. (7 février).

Sous-Lieutenants élèves. — III. M. *Graudel,* réformé pour infirmités graves et incurables (24 décembre).

Sous-Lieutenants. — II. M. *Cancel,* du 4e rég. à Grenoble, désigné pour le 2e rég. en Algérie (29 décembre).

RÉSERVE.

Sous-Lieutenants. — III. Démissionnaires : MM. *Jaylac* (7 janvier). — *Bisson* (7 février).

ADJOINTS.

Adjoints principaux de 1re classe. — Nommé *Chevalier de la Légion d'honneur :* M. *Allex,* à Nice ; 36 ans, 9 campagnes (30 décembre).

Adjoints principaux de 2e classe. — I. Promus *Adjoints principaux de 1re classe :* M. *Buche,* au ministère de la guerre, matériel du génie (29 décembre), maintenu.

II. M. *Peyré,* à Nevers, désigné pour Bourges (21 janvier).

Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur :* MM. *Hamel,* à Clermont-Ferrand ; 35 ans, 4 campagnes. — *Cotte,* à Aix ; 35 ans, 5 campagnes, 1 blessure de guerre (30 décembre).

Adjoints de 1re classe. — I. Promus *Adjoints principaux de 2e classe :* MM. *Kuntz,* à Paris, rive droite. — *Schmitt,* à Libourne. — *Colin* (A.), à Lunéville. — *Launey,* au service géographique, à Mézières (29 décembre), maintenus.

II. M. *Maugin* (F. H.), à Toul, désigné pour Neufchâteau (29 décembre). — *Weller,* à Palaiseau, désigné pour Versailles (21 janvier).

III. Décédé : M. *Monplonne,* à l'École du génie à Versailles (12 février).

Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur* : MM. *Martin,* au Quesnoy ; 35 ans, 11 campagnes. — *Behrlé,* 29 ans, 6 campagnes, 1 blessure de guerre. — *Laus,* à Vannes ; 30 ans, 5 campagnes, 1 citation. — *Gérard,* à Châlons-sur-Marne ; 29 ans, 4 campagnes, 1 blessure de guerre. — *Ruot,* à Belfort ; 28 ans, 5 campagnes, 1 citation.

Adjoints de 2e classe. — I. Promus *Adjoints de 1re classe :* MM. *Verniette,* à Douai. — *Bazire,* à Cherbourg. — *Champeaux,* à Lorient. — *Herbin,* à Sétif. — *Rouen,* à Paris, rive gauche. — *Gineste,* à Perpignan (29 décembre), maintenus.

II. MM. *Bouvier,* à Givet, désigné pour Mézières (29 décembre). — *Guioth,* à Bourbonne-les-Bains, désigné pour Langres (21 janvier). — *Bala-*

gué, à Marseille, désigné pour Porquerolles. — *Baude*, à Saintes, désigné pour Angers (25 janvier). — *Manier*, à Nice, désigné pour Antibes (27 décembre).

ADJOINTS DE 3e CLASSE. — I. Promus *Adjoints de 2e classe :* MM. *Depelley*, à Albertville. — *Derché*, à Châteauroux. — *Semprey*, à Sidi-bel-Abbès. — *Burgaux*, à Laon. — *Devin*, à Reims. — *Maître*, au camp de Châlons (29 décembre), maintenus.

II. MM. *Grenier*, à Belfort, désigné pour Calais. — *Bilbault*, à Dijon désigné pour Rouen. — *Fillière*, à Rouen, désigné pour l'Algérie. — *Mariani*, à Calais, désigné pour Boulogne-sur-Mer. — *Baudet*, à Fort National, désigné pour Givet. — *Sauny*, à Quimper, désigné pour Toul, École du génie. — *Steinhelmer*, à Annecy, désigné pour Albertville (29 décembre). — *Deguilhem*, à Bourges, désigné pour Nevers. — *Piney* dit *Fleury*, à Montauban, désigné pour Cahors (21 janvier). — *Breton*, à Saint-Nazaire, désigné pour Nantes (24 janvier). — *Lepage* (H. A.), à Pontarlier, désigné pour Marseille. — *Tanny*, à Caen, désigné pour la Tunisie. — *Mercier*, à Sfax, désigné pour Reims. — *Verdaguer*, à Montlouis, designé pour Saintes (25 janvier). — *Mahu*, à Salins, désigné pour Pontarlier (25 janvier).

III. M. *Barbier*, à Albertville, mis en non-activité pour infirmités temporaires (7 février).

STAGIAIRES. — Promus *Adjoints de 3e classe :* MM. *Mollard*, à Brest. — *Toussaint* (H. E.), à Lunéville. — *Cattiez*, à Saint-Denis. — *Quénelle*, à Mézières. — *Perrin* (A. L. A.), à Biskra. — *Bordy*, à Besançon (29 décembre), maintenus.

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

COLONEL. — III. Rayé des cadres : M. *Hélie* (12 février).

LIEUTENANT-COLONEL. — III. Décédé : M. *Gautié* (31 décembre).

CHEFS DE BATAILLON. — III. Rayés des cadres : MM. *Bourgeot*, *Ribaucour* (12 février).

Nommé *Officier de la Légion d'honneur :* M. *Versailleux*, au dépôt d'Arras ; 39 ans, 12 campagnes. Chevalier du 20 août 1874.

LIEUTENANTS EN 2e. — III. Démissionnaire : M. *Chamussy* (23 janvier).

Rayé des cadres : M. *Le Dosseur* (12 février).

SOUS-LIEUTENANT. — III. Rayé des cadres : M. *Maraval* (12 février).

ADJOINTS.

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 1re CLASSE. — III. Rayés des cadres : MM. *Blancher*, *Colard*, *Georgeon* (12 février).

Adjoints principaux de 2e classe. — III. Décédé : M. *Hargant* (12 avril). Rayés des cadres : MM. *Estivalet*, *Levin* (12 février).

Adjoints de 1re classe. — III. Rayés des cadres : MM. *Arnoux*, *Déprez*, *Chéchan* (12 février).

Adjoints de 2e classe. — III. Rayés des cadres : MM. *Garcin*, *Estingay* (12 février).

Adjoint de 3e classe. — III. Rayé des cadres : M. *Chavanis* (12 février).

TABLEAUX D'AVANCEMENT.

Lieutenants-Colonels classés pour le grade de Colonel (1889) : M. *Joly* (A.), directeur à Marseille.

(1890) : MM. *Coville*, directeur au Mans. — *Michel*, breveté, hors cadres, à l'état-major du gouvernement de Paris. — *Massu*, directeur à Amiens. — *Castay*, chef du génie à Nice. — *Laurent*, directeur à Briançon. — *Sever*, breveté, directeur à Limoges. (D'office. — Tonkin.) — *Maillac*, directeur à Constantine. — *Pamard*, sous-chef du cabinet du ministre de la guerre.

Chefs de bataillon classés pour le grade de Lieutenant-Colonel (1889) : MM. *Sorel*, chef du génie à Bourges. — *Porez*, chef du génie à Maubeuge. — *Boucher de Morlaincourt*, 5e rég. — *Vouaux*, chef du génie à Brest. — *De Montarby*, breveté, 3e rég. — *Larrivet*, chef du génie à Toulouse.

(1890) : MM. *Vial*, chef du génie à Tours. — *Dubois* (E.-O.), chef du génie à Lille. — *Cherpin*, chef du génie à Constantine. — *Cauvin*, chef du génie à Marseille. — *Bouic*, chef du génie à Bordeaux. — *Brulot*, chef du génie à Chambéry. — *Nicolas*, à l'état-major du commandant supérieur de la défense de Paris. — *Fribourg*, hors cadres au service géographique à Paris. — *Marga*, attaché militaire en Espagne. — *Demassieux*, chef du génie à Alger. — *Chiniac de la Bastide*, breveté, hors cadres à l'état-major du général commandant les troupes de l'Indo-Chine. (D'office, Tonkin.)

Capitaines classés pour le grade de Chef de bataillon (1888) : MM. *Courbis*, au service géographique, à Nice. — *Samalens*, professeur à l'École de l'artill. et du génie, à Versailles. — *Romieux*, professeur à l'École de Fontainebleau. — *Boullet*, au ministère de la guerre (personnel du génie). — *Morges*, au ministère de la guerre (matériel du génie). — *Viney*, chef du génie à Saint-Étienne. — *Guillot* (M.-J.-F.), à l'École de chemins de fer à Versailles. — *Mairot*, à la section technique du génie. — *Guérandel*, à Lorient. — *Castelin*, à l'École du génie d'Arras. — *Pierrugues*, à Toulon. — *Delarue*, breveté, à l'état-

major de l'armée (4e bureau). — *Kreitmann*, à Lyon. — *Thévenet*, breveté, officier d'ordonnance de M. le général Billot.

(1889) : MM. *Moreau*, breveté, hors cadres, à l'état-major du gouverneur militaire de Lyon et du 14e corps. — *Malcor*, breveté, 1er rég. — *Franck*, breveté, au dépôt central de télégraphie militaire à Paris. — *Duféhy*, chef du génie à Médéa. — *Lenoir*, officier d'ordonnance de M. le général Peaucellier. — *Rougier*, en Algérie.

(1890) : MM. *Simoutre*, professeur adjoint à l'École d'application de Fontainebleau. — *Bossut*, professeur adjoint à l'École de Fontainebleau. — *Guieysse*, officier d'ordonnance du général Segretain. — *Strauss*, à la section techn. du génie. — *Bertrand*, à la section techn. du génie. — *Clément de Grandprey*, breveté, hors cadres, à l'état major de l'armée (2e bureau). — *Galopin*, à la section technique du génie (d'office pour travaux spéciaux dans son arme). — *Bloch*, à l'état-major de l'armée (2e bureau). — *Chevalier*, au ministère de la guerre (matériel du génie). — *Coutanceau*, breveté, hors cadres, officier d'ordonnance du général Thomassin. — *Dervaux*, au ministère de la guerre (matériel du génie). — *Juin de Baissé*, au ministère de la guerre (matériel du génie). — *Capiomont*, officier d'ordonnance de M. le général Saussier. — *Petit* (P.-S.-G.), état-major de l'armée (1er bureau).

Lieutenants classés pour le grade de Capitaine (1889) : MM. *Hœrter*, 4e rég. — *Pezet*, 3e rég., à Toul. — *Campana*, 2e rég., en Tunisie. — *Lafon*, 1er rég.

(1890) : MM. *Rabusseau*, 4e rég. — *Ribard*, 4e rég. — *Haltner*, 1er rég., à Langres. — *Menu*, 3e rég. — *Gilles*, 2e rég., en Tunisie. — *Pierre* (C.-L.), 2e rég., en Algérie. — *Tissier*, 5e rég. — *De Lavit*, 5e rég. — *Bralet*, 1er rég. — *Forest*, 1er rég. — *Soulié*, 2e rég. — *Hellot*, 3e rég. — *Loiseleur*, 2e rég., en Algérie. — *Griffon*, 2e rég., en Algérie. — *Fralon*, 4e rég.

Adjoints principaux de 2e classe classés pour le grade d'Adjoint principal de 1re classe (1887) : M. *Nanta*, à Montpellier.

(1888) : MM. *Boyenval*, service géographique, à Paris. — *Buat*, à Nantes (direction). — *Aubéry*, à Annecy. — *Armand*, à Marseille (direction). — *Domin* (L.-S.), à Auxonne.

(1889) : MM. *Berthoux*, à la section technique du génie. — *Darchicourt*, commandement du génie du gouvernement de Paris (détaché au ministère de la guerre). — *Carrière Jeannetot*, à Brest.

(1890) : MM. *Coulle*, à Vincennes. — *Ondicola*, à Tunis (direction). — *Stenne*, au ministère de la guerre (Matériel du génie).

Adjoints de 1re classe classés pour le grade d'Adjoint principal de 2e classe (1890) : MM. *Kuntz*, à Paris (R. D.). — *Schmitt*, à Libourne. — *Colin* (A.), à Lunéville. — *Launey*, au service géogr., à Mézières. — *Bourgeois*, à Tours. — *Richard* (P.-A.-P.), à Clermont-Ferrand. —

Chateaux, à Bourges. — *Ferron*, à Maubeuge (dir.). — *Florentin*, à Dijon. — *Macron*, à Bône. — *Cocu* (A.-E.), à Maubeuge. — *Paulian*, à Nice (direction). — *Mangin* (F.-H.), à Neufchâteau. — *Lepage*, à Mascara. — *Laurain*, au minist. de la guerre (Matériel du génie). — *Thomas*, à Lyon. — *Denis*, au minist. de la guerre (Matériel du génie). — *Prost*, au minist. de la guerre (Matériel du génie). — *Monasse*, à Paris (rive gauche).

Adjoints de 2e classe classés pour le grade d'Adjoint de 1re classe (1889) : MM. *Denus*, à Briançon. — *Bricout*, à Mâcon. — *Nicolas*, à Orléans. — *Renaud*, à Constantine.

(1890) : MM. *Moutès*, au Mans. — *Lebecq*, à Dunkerque (direction). — *Malo*, à Grenoble. — *Pauthier* (F.-D.-A.), établissement central d'aerostation militaire à Châlais. — *Lucet*, au Mans (direction). — *Cinerston*, à Lons-le-Saunier. — *Guillemin*, en Tunisie. — *Boquin*, à Versailles. — *Cocud*, à l'École de chemins de fer à Versailles. — *Ceprou*, à Lille.

Adjoints de 3e classe classés pour le grade de 2e classe (1889) : *Lerosey*, à Caen. — *Solignac*, à Tulle. — *Noël*, ministère de la guerre (Personnel du génie). — *Lemoine*, à Cherbourg. — *Peycam*, service géographique, à Calais. — *Aunis*, à Ajaccio. — *Salomé*, à l'École du génie d'Arras. — *Tassaux*, à Lille. — *Grenier*, à Calais.

(1890) : MM. *Soudieux*, au commandement du génie de la 7e région. — *Bilbault*, à Rouen. — *Briard*, à Mostaganem. — *Brisset*, à Nice. — *Marcelis*, à Sidi-bel-Abbès. — *Rozaire*, à la direction du service de la télégraphie militaire à Paris. — *Merveille*, à Laon (direction). — *Tailhan*, à Constantine (direction).

PARTIE OFFICIELLE

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

INTÉRESSANT

LE SERVICE DU GÉNIE

ET SURVENUES PENDANT

LES MOIS DE FÉVRIER A AVRIL 1891.

9 mars 1891.— *Circulaire contenant de nouvelles dispositions pour la fixation des indemnités dues aux officiers et adjoints du génie pour les déplacements que leur imposent les besoins du service.* (*B. O.*, p. r., p. 316.)

Messieurs,

La mise en vigueur, à partir du 1er janvier 1891, d'un nouveau tarif d'indemnité de route doit avoir nécessairement pour conséquence la révision du tarif spécial qui a été établi par une décision ministérielle du 25 avril 1863 pour les déplacements imposés aux officiers et adjoints du génie par les besoins du service.

J'ai l'honneur de vous faire connaître que j'ai arrêté à cet égard les dispositions suivantes qui seront applicables, tant en Algérie et en Tunisie qu'à l'intérieur, à partir du 1er janvier 1891 :

1° Le règlement des indemnités sera effectué par trimestre, conformément au tarif ci-après ;

2° Les états trimestriels accompagnés d'un bordereau récapitulatif conforme au modèle annexé à la circulaire du 25 avril 1863, me seront adressés, comme par le passé, pour être soumis à la liquidation, après vérification préalable ;

3° Après cette vérification, les décomptes individuels seront

renvoyés aux directeurs du génie avec autorisation de mandater, en faveur des ayants droit, les sommes qui leur sont respectivement dues; les directeurs devront, en conséquence, prévoir ces dépenses dans leurs demandes mensuelles de crédits de délégation ;

4° En cas de mutation, l'officier ou l'adjoint du génie auquel il revient des frais de déplacement sera remboursé avant son départ, et l'on m'adressera à cet effet un décompte particulier, après examen duquel j'autoriserai d'urgence le paiement; toutefois, s'il s'agit d'un ordre de départ immédiat, l'ayant droit pourra être payé sans vérification préalable du ministère ; dans ce dernier cas, les frais ainsi acquittés sont rappelés dans le prochain bordereau trimestriel ;

5° Le § I du tarif s'applique *exclusivement :*

D'une manière générale, aux déplacements effectués dans l'intérieur d'une même direction, pour la surveillance des travaux, les réceptions de matériel et les affaires contentieuses ;

Pour les officiers des écoles, aux déplacements effectués, pour les réceptions de matériel et les travaux d'école, dans l'intérieur de la direction du génie où elles sont situées ;

Pour les officiers des directions du génie (*Établissements et écoles*), qui ont leur siège dans le gouvernement de Paris, aux déplacements effectués pour l'objet susindiqué dans l'intérieur de ce gouvernement.

Le § II est spécial aux inspections du matériel télégraphique et aérostatique, aux visites des ouvriers militaires des chemins de fer détachés sur les réseaux, aux réceptions de matériel dans les usines, faites par les officiers des écoles ou établissements en dehors des limites susindiquées.

Enfin le § III est spécial aux ascensions aérostatiques.

Pour les tournées qui font l'objet du § I, l'ensemble des indemnités journalière et kilométrique est liquidé, dans les formes susindiquées, au titre du budget du génie; pour celles qui font l'objet du § II, l'indemnité journalière de 10 fr. est seule imputée sur le budget spécial du service, l'indemnité kilométrique étant payée sur les fonds de service de marche par les soins des fonctionnaires de l'intendance ; enfin, pour les ascensions aérostatiques (§ III), la totalité des dépenses incombe au budget spécial du service ;

6° Lorsque des officiers ou adjoints ont à se déplacer pour remplir, en dehors des limites susindiquées et des cas spéciaux visés aux §§ II et III, une mission particulière *quelconque*, ils doivent être traités, d'après la nature de cette mission, suivant les règles communes fixées par les règlements *sur le service de marche* et ceux qui les ont complétés;

7° Pour éviter les inconvénients qui peuvent résulter pour les officiers et adjoints de l'obligation de faire l'avance de leurs indemnités de frais de tournée, lorsqu'il s'agit de missions de quelque durée, je vous autorise, dans ce cas, à mandater par avance aux intéressés, en totalité ou en partie, les indemnités auxquelles doit leur donner droit leur mission.

Vous voudrez bien alors me signaler cette circonstance sur les états trimestriels par la mention : « Payé avant liquidation ministérielle » *ou* « avancé. . . . . fr. avant liquidation ministérielle », portée dans la colonne « Observations » desdits états, en regard des indications concernant la tournée à laquelle correspond chaque avance;

8° Les règles à suivre pour l'imputation des dépenses de frais de tournée sur tel ou tel chapitre budgétaire ressortissant au service du génie sont d'ailleurs les suivantes :

Toutes les tournées nécessitées par des travaux de bâtiments militaires sont soldées au titre de l'article 3 (*Dépenses accessoires*) du chapitre de la première section du budget affecté au matériel du génie; il en est de même des tournées nécessitées par les travaux ordinaires de fortifications, par les inspections et ascensions aérostatiques, par les visites des ouvriers militaires détachés sur les réseaux et par les réceptions dans les usines de matériel soldé sur la première section du budget.

Au contraire, les tournées nécessitées par des travaux extraordinaires de fortifications ou par des réceptions de matériel payé sur la deuxième section du budget, sont soldées au titre de celui des chapitres de cette deuxième section, sur lesquels sont payés les travaux ou le matériel, et le montant des frais de tournée est prélevé sur les allocations correspondantes.

Enfin, les tournées nécessitées par les inspections du matériel télégraphique sont soldées sur les crédits du chapitre de la première section affecté à la télégraphie militaire (*Matériel*);

9° Je crois devoir d'ailleurs vous confirmer, d'une manière gé-

nérale, les diverses recommandations que l'un de mes prédécesseurs a adressées au sujet des frais de tournée, dans une circulaire n° 27 du 1er octobre 1880, et auxquelles il importe d'autant mieux de tenir la main que le taux de l'indemnité journalière est aujourd'hui sensiblement plus élevé. Il doit être entendu, en particulier, que les indemnités pour tournées journalières ne peuvent être accordées que lorsque ces tournées entraînent effectivement pour les officiers ou adjoints un surcroît réel de dépenses, et on doit par conséquent admettre que, parmi les déplacements effectués dans la même journée, ceux-là seuls donnent droit à l'indemnité journalière qui ne peuvent s'accomplir entièrement entre deux repas. Il appartient aux directeurs du génie de veiller à ce que l'on évite scrupuleusement, dans la concession de ces indemnités, tout ce qui pourrait avoir le moindre caractère d'abus;

10° Il est bien entendu d'ailleurs que toutes les fois que les officiers en sous-ordre, adjoints ou stagiaires sont chargés, dans les conditions prévues par les circulaires des 16 février 1874, 6 mars et 22 octobre 1878, de travaux extraordinaires de défense ou de travaux de défense des côtes, ils doivent, au lieu d'indemnités journalières, percevoir l'indemnité mensuelle de 80 fr. pour les officiers et adjoints et 50 fr. pour les stagiaires fixée par la première des circulaires susvisées, complétée par celle du 20 novembre 1879;

11° Enfin, je vous rappelle que si les déplacements des officiers et adjoints du génie, qui accompagnent les inspecteurs généraux dans les places de la circonscription à laquelle ils sont attachés, peuvent être considérés comme tombant sous l'application de la présente circulaire, il n'en peut être ainsi des déplacements qui ont pour but de présenter aux inspecteurs généraux des officiers et adjoints résidant dans les places non inspectées. Pour ces déplacements, le directeur du génie devra adresser aux intéressés l'ordre de se rendre au lieu qu'aura fixé l'inspecteur général, et ceux-ci auront à se pourvoir de feuille de route.

Signé : C. de Freycinet.

TARIF des indemnités de déplacement des officiers et adjoints du génie.

I.

Déplacements effectués par les officiers et adjoints du génie dans l'intérieur d'une même direction ou, pour les officiers des directions du génie (établissements ou écoles) qui ont leur siège dans le gouvernement de Paris, dans l'intérieur de ce gouvernement.

NUMÉROS des articles.	DÉSIGNATION des INDEMNITÉS.	OFFICIERS supérieurs et adjoints principaux de 1re classe.	CAPITAINES, adjoints principaux de 2e classe et adjoints de 1re classe.	LIEUTENANTS, sous-lieutenants, adjoints de 2e et de 3e classe et sous-officiers stagiaires.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
	Indemnité de transport par km.			
1	Sur les voies de fer	0,031 [1]	0,031 [1]	0,031 [1]
2	Sur les routes ordinaires. Par voiture publique	0,18	0,16	0,16
	Sur les routes ordinaires. Par cheval de selle pris en location ou voiture particulière . . .	0,30	0,25	0,25
3	En bateau à vapeur	0,18	0,18	0,18
	Indemnité de déplacement.			
	Indemnité journalière de route et de séjour [2]	1,000	8,00	6,00

1. Indemnité doublée sur les lignes ferrées où les officiers paient demi-place.
2. Cette indemnité ne sera acquise aux officiers que pour les quinze premiers jours, et elle ne pourra être allouée au delà de ce délai que dans des cas très exceptionnels et par une décision ministérielle spéciale.

TABLEAU

II.

Inspection du matériel télégraphique et aérostatique, visites par les commandants des compagnies d'ouvriers militaires des chemins de fer des hommes détachés sur les réseaux, réception de matériel dans les usines faites en dehors des limites susindiquées (I).

Indemnité de déplacement pour les jours de station hors de la résidence habituelle, y compris les jours de départ et d'arrivée, 10 fr. par jour.	L'indemnité kilométrique est assurée par le service de marche.

III.

Ascensions aérostatiques.

Indemnité de 10 fr. par jour d'absence hors de la résidence.	Les intéressés sont, en outre, remboursés des dépenses par eux faites pour le retour à Chalais (personnel et matériel) sur état établi par l'officier le plus ancien en grade ayant pris part à l'ascension et certifié par le chef de l'établissement central.

13 mars. — *Note ministérielle portant modification aux instructions pour l'admission aux écoles militaires de l'infanterie, de la cavalerie, de l'artillerie et du génie.* (Dir. de l'inf., de la cav., de l'artill. et du génie; Bur. de l'inst. de l'inf., etc.) [*B. O.*, p. r., p. 294.]

Le Ministre a décidé que, par modification à la note du 23 avril 1889 et à l'instruction du 8 octobre 1890, il ne sera accordé une majoration de 10 points aux sous-officiers rengagés candidats aux Écoles militaires de l'infanterie, de la cavalerie, de l'artillerie et du génie, que pour chaque année de rengagement ayant pour effet de prolonger au delà de cinq la durée de leurs services effectifs.

Les majorations ainsi obtenues ne pourront pas dépasser un total de 30 points, quels que soient le nombre et la durée des rengagements, et ne seront attribuées aux candidats qu'après

cinq années de service effectif au 31 décembre de l'année de la proposition.

Ces dispositions, qui ont pour objet de placer dans des conditions équivalentes les candidats provenant des appelés ou des engagés volontaires pour trois ans et ceux provenant des engagés volontaires pour quatre ou cinq ans, seront appliquées pour la première fois aux candidats proposés à l'inspection générale de 1892.

14 mars. — *Circulaire ministérielle contenant des modifications à l'instruction du 4 mars 1890, sur les manœuvres d'automne.* (*B. O.*, p. r., p. 321.) [*Extrait.*]

GÉNIE.

Remplacer les deux premiers alinéas par les deux suivants :

« Chaque compagnie du génie comporte 4 officiers montés, 150 sapeurs mineurs et 7 sapeurs conducteurs, dont 1 brigadier, 2 voitures de sapeurs mineurs, 1 mulet ou cheval de bât.

« Chaque détachement de sapeurs desservant un parc aérostatique de campagne a, en hommes de troupe, la composition assignée, en cas de guerre, à une section d'aérostiers de campagne ; on lui adjoint le nombre de sapeurs conducteurs nécessaire pour atteler les voitures mobilisées ; il comporte 3 officiers montés. »

Manœuvres d'ensemble. — Supprimer à la fin du premier alinéa les mots : « et une ambulance divisionnaire d'infanterie ».

Supprimer l'alinéa : « Un parc aérostatique . . . . . à l'occasion des manœuvres » et y substituer le texte suivant :

« Lorsqu'un parc aérostatique sera mis en mouvement à l'occasion des manœuvres, sa composition sera fixée par une décision spéciale, suivant les ressources en matériel technique et en attelages. »

Cartes allouées. — Génie. — Officiers de tous grades, 1.

Location d'animaux. — Intercaler entre le 1er et le 2e alinéa :

« Toutefois, les troupes du génie tirent tout ou partie des attelages qui leur sont nécessaires, du régiment du génie dont elles proviennent, suivant les ressources dont ce régiment peut disposer, en continuant à assurer son service propre et celui de l'École du génie. »

13 mars. — *Note ministérielle relative aux dispositions à prendre pour assurer l'entretien du matériel optique existant dans les ouvrages de défense.* (D. Gén.; Matériel du Génie, 5e Section.) [*B. O.*, p. r., p. 334.]

1° En dehors des périodes de fonctionnement des réseaux, tout le matériel technique des postes optiques, à l'exception des appareils fixes, c'est-à-dire d'un calibre égal ou supérieur à 0,35 m, sera renfermé dans les magasins des places ou des forts à l'abri de l'humidité ;

2° Tous les ans, au commencement d'octobre, l'officier, chargé dans chaque chefferie du service de la télégraphie optique, passera la visite de tout le matériel affecté à ce service. A la suite de cette visite, il fera réparer sur place les appareils dont les détériorations seront légeres, et il signalera dans un état spécial (modèle ci-joint) les objets qui paraîtront devoir être remplacés ou réparés au dépôt central de télégraphie militaire. Cet état sera annexé à un procès-verbal constatant la visite (modèle également ci-joint), et le tout sera adressé au Ministre par la voie hiérarchique avant le 20 octobre de chaque année.

Ces états seront communiqués au directeur du service de la télégraphie militaire, qui fera examiner par les agents du dépôt central, dans leurs tournées, les objets signalés comme étant à remplacer ou à envoyer au dépôt central.

Ces agents opéreront dès lors pour le matériel optique détérioré comme pour le matériel électrique, c'est-à-dire dans les conditions prévues par l'instruction du 28 janvier 1890 sur l'entretien du matériel de la télégraphie militaire ;

3° Lorsque, dans le courant de l'année, un appareil optique aura été détérioré ou mis hors de service par cas de force majeure ou toute autre cause, un compte rendu (auquel sera joint, le cas échéant, un procès-verbal de perte) sera établi par le chef du génie intéressé et transmis sans retard au Ministre (4e *Direction*), qui prescrira les mesures nécessaires pour assurer, soit le remplacement, soit la réparation.

Enfin, dans le but de faciliter la réinstallation des appareils, chaque ligne de visée sera repérée à l'intérieur des postes, ainsi qu'il est expliqué dans l'instruction sur le fonctionnement des appareils optiques. Ce repérage sera d'ailleurs inscrit sur une planchette placée en permanence dans chaque poste.

« CORPS D'ARMÉE.

—

CHEFFERIE DE

PROCÈS-VERBAL DE VISITE

du matériel de télégraphie optique affecté aux postes de la chefferie de

L'an mil huit cent quatre-vingt
le et jours suivants,
Nous,
attaché à la chefferie de
avons passé la revue du matériel de télégraphie optique affecté aux postes de
et constaté ce qui suit :

1° *Locaux où est entreposé le matériel* [1].

2° *Postes optiques* [2].

3° *Matériel technique de poste* [3].

4° *Approvisionnements de pétrole et de mèches* [4].

5° *Réparations à faire sur place* [5].

6° *Observations diverses* [6].

Au présent procès-verbal est annexé ci-contre un état du matériel hors de service ou à réparer par le dépôt central de télégraphie militaire.

A , le 189 .

Le Capitaine chargé de la visite,

1. Spécifier l'emplacement des locaux où est entreposé le matériel, signaler les conditions dans lesquelles il s'y trouve au point de vue de la conservation.
Faire, le cas échéant, des propositions pour remédier aux inconvénients signalés.

2. Faire connaître si le matériel laissé dans les postes optiques y est à l'abri de l'humidité.
Donner des renseignements sur l'état de ces postes, des gaines, du matériel fixe.
Indiquer si le repérage des lignes de visée à l'intérieur des postes est fait et si les planchettes sont établies.

3. Noter d'une façon générale l'état du matériel.
Faire, le cas échéant, des propositions pour améliorer les conditions de conservation.

4. Indiquer, à la suite d'un essai, l'état de conservation des approvisionnements et les mesures prises pour les renouveler.

5. Noter la nature des réparations à faire sur place.

6. Donner, le cas échéant, des renseignements sur les améliorations à apporter au matériel et à l'organisation des postes.

ÉTAT faisant connaître le nombre et la nature des objets hors de service ou à réparer.

NUMÉROS de la NOMENCLATURE		DÉSIGNATION des OBJETS.	MATÉRIEL		OBSERVATIONS.
sommaire.	détaillée.		HORS de service.	à réparer par le dépôt central.	
					Il est nécessaire de désigner chaque objet sous le numéro et la rubrique de la nomenclature du matériel du génie, afin d'éviter des erreurs dans les remplacements qui seront faits par le dépôt central.

30 mars. — *Instruction complémentaire pour l'inspection générale du génie* (B. O., pag. spéc.).

Articles modifiés :

Art. 7. — L'inspecteur général s'assure de l'instruction des sapeurs-télégraphistes.

Art. 13. — Il se rend compte si le service des caserniers est suffisamment assuré.

Art. 19. — Aptitude des officiers en électricité, métallurgie, etc.

Art. 23. — Ancienneté minima exigée pour l'avancement :

Lieutenant-colonel	31 décembre	1889.
Chef de bataillon.	—	1886.
Capitaine	—	1880.
Lieutenant	—	1888.
Adjoint principal de 2e classe.	—	1888.
Adjoint de 1re classe	—	1889.
— 2e —	—	1888.
— 3e —	—	1887.

Art. 45. — Télégraphie militaire dans les places fortes.

Art. 51 et 52. — Établissements de télégraphie militaire.

Art. 53. — Approvisionnements de graines pour colombiers militaires.

Art. 56. — Travaux à l'entreprise. — Prix d'estimation ajoutés à la série.

État des arrondissements d'inspection générale pour 1891.

MM.			
Les généraux de division :		Gillon . .	Section technique, École polytechnique, gouvernement militaire de Lyon, 15e corps.
—	—	Peaucellier	10e et 11e corps.
—	—	Coste. . .	Gouvernement militaire de Paris, 4e corps.
—	—	Guichard .	1er, 2e et 3e corps.
—	—	Hinstin. .	7e et 8e corps.
—	—	Faugeron .	16e, 17e et 18e corps.
MM.			
Les généraux de brigade :		Varaigne .	5e et 6e corps.
—	—	Lallemant.	9e, 12e et 13e corps.
—	—	Langlois .	19e corps et Tunisie.

PROMOTIONS, MUTATIONS, RADIATIONS ET NOMINATIONS

Du 20 février au 20 avril 1891.

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL.

Généraux de division. — II. M. *Hinstin*, commandant du génie du 1er corps d'armée à Lille, et membre du comité technique, conserve ces dernières fonctions seulement.

III. M. *Munier*, admis dans le cadre de réserve (8 mars).

Généraux de brigade. — I. MM. *Hinstin*, commandant le génie de la 1re région, à Lille. — *Faugeron*, commandant la place de Lyon (21 mars).

II. M. *Bouvier*, nommé commandant du génie de la 1re région, à Lille.

OFFICIERS.

ARMÉE ACTIVE.

Colonels. — I. Promus *Généraux de brigade :* M. *Grillon*, directeur à Toulouse. — *Bouvier*, commandant le 1er rég. (21 mars).

II. M. *Tartrat*, chef de la section technique, désigné pour commander le 1er rég. (24 mars).

III. Décédé : M. *Mélard*, directeur à Perpignan (2 avril).

LIEUTENANTS-COLONELS. — I. Promu *Colonel :* M. *Joly* (A.), directeur à Marseille (23 mars).

II. MM. *Castay*, chef du génie à Nice, nommé directeur à Toulouse. — *Petit*, à la section technique, nommé chef de ladite section et secrétaire du comité technique (24 mars). — *Fénéon*, chef du génie à Épinal, nommé directeur à Perpignan (10 avril).

CHEFS DE BATAILLON. — I. Promu *Lieutenant-Colonel :* M. *Sorel*, chef du génie à Bourges (23 mars).

II. MM. *Velat*, à Vincennes, désigné pour Paris (R. D.) (28 février). — *de Regnauld de Lannoy de Bissy*, à Lyon, désigné pour Épinal (puis nommé chef du génie dans cette place). — *Clinchard*, chef du génie à Bastia, désigné pour occuper les mêmes fonctions à Nice. — *Bisy*, à Toulouse, nommé chef du génie à Bastia (24 mars). — *Chiniac de Labastide*, hors cadre à l'état-major des troupes de l'Indo-Chine, nommé chef d'état-major de la 10e division d'infanterie (6 avril). — *Joffre*, major au 5e rég., nommé professeur de fortification à l'École d'application à Fontainebleau (7 avril). — *Devaux*, chef du génie à Briançon, nommé aux mêmes fonctions à Perpignan, en remplacement de M. *Nestler*, classé pour ordre à la chefferie de cette place. — *Corbin*, professeur de fortification à l'École d'application à Fontainebleau, désigné pour la section technique. — *Canel*, à Versailles, nommé major au 5e rég. — *Pellissier*, chef du génie à Bourg, désigné pour occuper les mêmes fonctions à Briançon. — *Jenson*, chef du génie à Laghouat, désigné pour les mêmes fonctions à Bourg (10 avril).

III. Retraités : MM. *Mondange*, à Paris (R. D.) (23 février). — *Coblentz*, chef du génie à Rochefort (26 mars).

CAPITAINES EN 1er. — I. Promus *Chefs de bataillon :* MM. *Cahen*, chef du génie à Douai. — *Courbis*, au service géographique (désigné pour le 2e rég.). — *de Blay de Gaix*, chef du génie à Sidi-bel-Abbès (23 mars).

II. MM. *Guieysse*, offic. d'ordonn. de M. le général Segretain, désigné pour Paris (R. G.). — *Chevanne*, à Montmédy, désigné pour Valenciennes. — *Renaud* (N. F.), au 3e rég., désigné pour Vincennes (28 février). — *Vautour*, mis hors cadre pour rester à la disposition de M. le Gouverneur de l'Indo-Chine (7 février). — *Multrier*, chef du génie à Bougie, désigné pour le 5e rég. (24 mars). — *Piarron de Mondésir*, offic. d'ordonn. de M. le général gouverneur de Nice, mis hors cadre et affecté à l'état-major du 2e corps d'armée (6 avril). — *Rabanis*, du 3e rég. à Arras, désigné pour l'Algérie. — *Guyon*, du 5e rég., désigné pour Lunéville (10 avril). — *Devrey*, rentrant du Tonkin, désigné comme offic. d'ordonn. de M. le général Livet (20 avril).

III. MM. *de Bazelaire, Demeunynck,* nommés contrôleurs adjoints de l'administration de l'armée (19 mars).

Capitaines en 2e. — I. Promus *Capitaines en* 1er : MM. *Maleval,* à Saïda, maintenu en Algérie. — *Royer,* à Nevers, maintenu dans sa situation. — *Arnaud* (C.), au 4e rég., maintenu à son corps. — *Aron,* au 3e rég., maintenu à son corps. — *Delalain,* à Alger, maintenu en Algérie. — *Ginet,* au 2e rég., maintenu à son corps. — *Lorette,* du 2e rég., en Algérie, maintenu en Algérie (état-major particulier). — *Moyet,* du 4e rég., maintenu à son corps. — *Pérusseau,* du 1er rég., maintenu à son corps. — *Auger,* du 3e rég., maintenu à son corps. — *Brion,* du 2e rég. en Algérie, maintenu en Algérie (état-major principal). — *Julien* (D.), du 2e rég., maint. à son corps (19 avril).

II. MM. *Henry* (N. A.), à Toul, désigné pour Auxerre. — *Bertrand* (E. A.), au 4e rég., désigné pour Douai. — *Germain,* à Commercy, désigné pour le 3e rég., 6e bataillon à Toul. — *Vernier,* instr. à l'Éc. mil. de l'art. et du génie, désigné pour l'Algérie (Géryville) (28 février). — *Renaud* (P. N.), au 3e rég. à Toul, affecté à la chefferie de cette place (9 mars). — *Fromheim,* à Cosne, désigné pour Châlon-sur-Saône (19 mars). — *Boutlieaux,* à Lorient, désigné pour Belle-Ile. — *Larchier,* à Verdun, désigné pour le 5e rég. — *Braconnot,* à Gabès, désigné pour la sect. technique (service des cuirassements au Creusot) (10 avril). — *Barbet,* à Lille, désigne comme offic. d'ordonn. de M. le général Bouvier (20 avril).

III. Décédé : M. *Jourdain* (G. B.), professeur adjoint de fortification à l'École Saint-Cyr (11 avril).

Lieutenants en 1er. — Promus *Capitaines en* 2e : MM. *Darmandieu,* du 2e rég. en Algérie, maintenu en Algérie (état-major particulier. — *Boerter,* du 4e rég. à Grenoble, désigné pour Épinal. — *Blanleuil,* du 2e rég. à Montpellier, désigné pour Bastia. — *Pezet,* du 3e rég. à Arras, désigné pour Toul (23 mars).

II. M. *Meyer-Heine,* au 3e rég. à Arras, désigné pour le 1er rég. à Versailles (24 mars).

Lieutenants en 2e. — I. Promus *Lieutenants en* 1er : MM. *Calmel* et *Vigniane,* du 5e rég.; *Tardi,* du 1er rég., maintenus à leurs corps (19 mars).

Sous-Lieutenants. — I. Promus *Lieutenants en* 2e : MM. *Cancel* (A.), *Noirot, Grosjean, Puel, Varenne,* maintenus dans leur situation. — *Serra,* désigné pour le 2e rég. (décret du 23 mars).

Sous-Officiers promus *Sous-Lieutenants :* MM. *Turquois,* désigné pour le 1er rég. — *Barbais,* désigné pour le 3e rég. — *Escaffre,* désigné pour le 3e rég. — *Termat,* désigné pour le 4e rég. — *Le Brun,* désigné pour le 2e rég. — *Jouanny,* désigné pour le 4e rég. — *An-*

drieu, désigné pour le 2e rég. — *Cancel* (F. T.), désigné pour le 2e rég. — *Rothmann*, désigné pour le 3e rég.

ADJOINTS.

Adjoints principaux de 1re classe. — III. Retraité : M. *Delaporte*, à Mâcon (15 mars).

Adjoints de 1re classe. — II. MM. *Herbin*, à Sétif, désigné pour Montauban (28 février). — *Peltier*, à l'île d'Aix, désigné pour l'île d'Oléron. — *Lenoir*, à l'île d'Oléron, désigné pour Rochefort (28 février).

III. Retraité : M. *Joanny*, à Épinal (5 mars).

Adjoints de 2e classe. — I. Promus *Adjoints de 1re classe :* MM. *Arnould*, à Saint-Germain. — *Bricout*, à Mâcon (désigné pour Auxerre) (23 mars).

II. MM. *Miguet*, à Montauban, désigné pour Langres. — *Lallier*, à Tlemcen, désigné pour l'École du génie de Versailles. — *Raulin*, à Montbéliard, désigné pour l'Algérie (Batna) (28 février). — *Gonot*, à Commercy, désigné pour Mâcon.

III. Décédés : M. *Massein*, à Aurillac (26 février). — *Abraham* (24 avril).

Adjoints de 3e classe. — I. Promus *Adjoints de 2e classe :* MM. *Lerosey*, à Caen. — *Solignac*, à Tulle. — *Noël*, au ministère de la guerre (personnel du génie) (23 mars).

II. MM *Petelot*, à Aumale, désigné pour Saint-Étienne. — *Sens*, à Saint-Étienne, désigné pour l'Algérie (Tlemcen). — *Biron*, à Langres, désigné pour l'Algérie (Aumale) (28 février). — *Guiraud*, à Rochefort, désigné pour l'île d'Aix (28 février). — *Poirson*, à Ajaccio, désigné pour l'Algérie. — *Etchepare*, à Bougie, désigné pour la section technique (service des cuirassements au Creusot). — *Toussaint* (Cl. Éd.), à Valenciennes, désigné pour Aurillac (10 avril).

Stagiaires. — Promus *Adjoints de 3e classe :* MM. *Dubourguet*, à Bordeaux (27 février). — *Jubert*, à Rennes. — *Toussaint* (Cl. Éd.), à Valenciennes (23 mars).

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

Chef de bataillon. — III. Démissionnaire : M. *Weiss* (le 16 avril 1891.)

Lieutenants en 1er. — I. MM. *Labaye* et *Cavallier* (décret du 23 mars 1891).

Lieutenants en 2e. — I. MM. *Carrau* et *Lambert*, ingénieurs de 3e classe des ponts et chaussées (décret du 23 mars).

Sous-Lieutenants. — I. MM. *Petitfils* et *Hussou* (décret du 23 mars 1891).

Nommés *Sous-Lieutenants :* MM. *Darras* et *Roos* (décret du 23 mars 1891.

III. Démissionnaire : M. *Senet* (17 mars).

ADJOINTS.

Adjoint principal de 2e classe. — III. Décédé : M. *Bessat* (29 septembre).

Adjoints de 1re classe : I. M. *Fauré* (23 mars).

III Démissionnaire : M. *Dunoyer* (16 avril).

Adjoints de 2e classe. — I. MM. *Grimaud, Blayac, Monauri, Gay, Desribes, Larroque, Prieu, Grillet, Maubrey, Laurens* (23 mars).

Adjoints de 3e classe. — I. Promus *Adjoints de 2e classe :* MM. *Beuque, Fousse, Lepeltier, Lagriffoul, Chevalier, Lemelle, Divisia, Anglade, Levassor, Lamare, Chabot, Legendre, Carbonnel, Pierre, Merle, Rames, Baurens, Maffré, Lecourt, Géran, Léger, Huraud, Dégoulte, Seigné, Michaud, Baussaut, Arana, Roche* (23 mars).

Nommés *Adjoints de 3e classe :* MM. *Simon, Marceau, Combot, Lerebours, Pillet, Buignet, Adeline, Montillaux, Comte, Denizeau, Le Noan, Lougueteau, Lacaze, Conort, Donnat, Nougaret, Peyré, Mataly, Surre, Dussenty, Maynard, Giraud, Parent, Renaud, Autissier, Bouquenne, Cordelier, Riboulet, Millet, Trouche, Goubert, Estève, Roques, Moudiet, Drilland, Forestier, Blancard, Roux,* conducteurs des ponts et chaussées (23 mars).

III. Démissionnaires : MM. *Cantelon* (4 mars). — *Vidal* (17 mars).

Décédé : M. *Belmon* (2 avril).

TABLEAUX D'AVANCEMENT (*fin*).

Stagiaires et sous-officiers proposés et classés pour le grade d'Adjoint de 3e classe. (1re catégorie. — Sous-officiers stagiaires) : MM. *Jubert,* à Rennes. — *Toussaint* (Cl.-Ed.), à Valenciennes. — *Durand* (G.-H.), à Chambéry. — *Navarre,* à Castres. — *Carrère,* à Géryville. — *Vautrin,* à Bordeaux. — *Ramus,* à Bastia. — *Barreau,* à Briançon. — *Coltat,* à Saïda. — *Arnould,* à Tunis. — *Maitret,* à Agde. — *Maurel,* à Briançon. — *Castay,* à Cherbourg. — *Collet,* dépôt central de télégraphie militaire. — *Thiéry* (J.-C.-L.), à Toul. — *Durel,* à Gardaïa. *Hue,* section technique du génie. — *Jacques,* à Verdun. — *Brulé,* à Laon. — *Renaud,* à Arras. — *Imhoff,* à Salins. — *Renault,* en Tunisie. — *Pradal,* à Saint-Étienne. — *Debazach,* à Granville. — *Lajoux,* à Tours. — *Rousseau,* à Limoges. — *Beaudoin,* à Batna. — *Picard,* à Quelern. — *Kirsch,* à Commercy. — *Bill,* service géogra-

phique à Calais. — *Beaumont*, à Cherbourg. — *Dubourguet*, à Bordeaux. — *Blanchard*, à Briançon. — *Menu*, à Toulon. — *Estienne*, à Épinal. — *Monpion*, à Tarbes. — *Maystre*, à Perpignan. — *Rouyer*, à Nice. — *Dusson*, à Montlouis. — *Perrot*, à Dijon. — *Mairesse*, à Calais. — *Bordel-Perroncel*, à Gap. — *Hoelle*, au Havre. — *Camoin*, à Montauban. — *Germain*, à Alger, service de la télégraphie optique. — *Brunet*, à Bizerte. — *Buffard*, aux Rousses. — *Pierrot*, à Langres. — *Drilholle*, à Bayonne. — *Dufet*, à Toulouse. — *Desclaux*, à Mascara. — *Durandal*, à Alger. — *Beaucamps*, à Verdun. — *Haeffner*, à Lorient. — *Baunard*, service géographique, à Nice. — *Dedebant*, service géographique, à Bayonne. — *Maréchal*, à Alger. — *Lacrépinière*, à Dunkerque. — *Martin*, à Toulon. — *Maillard*, à Brest. — *Tanche*, à Bourg. — *Gerdol*, à Remiremont. — *Foncrose*, à Constantine. — *Ganier*, à Pontarlier. — *Louvion*, à Orléans. — *Gérard*, à Belfort. — *Layraoux*, à Oran. — *Henry*, à Valence.

(2° Catégorie. — Sous-officiers :) MM. *Mondange*, sergent au 5° rég. — *Pouget*, sergent au 1er rég. — *Regnaut*, sergent au 4° rég. — *Morel*, adjudant au 3° rég. — *Masson*, adjudant au 5° .ég. — *Dumas*, sergent au 2° rég. — *Thoyer*, sergent-major au 2° rég. — *Euvrard*, adjudant au 5° rég. — *Damien*, adjudant au 3° rég. — *Alexandre*, adjudant au 3° rég. — *Létang*, sergent-major au 3° rég. — *Gabel*, sergent-major au 4° rég. — *Gazareth*, adjudant au 3° rég. — *Carlot*, sergent au 3° rég. — *Rœhrig*, sergent-major au 4° rég. — *Dupont*, sergent au 2° rég., à Oran. — *Laffitte*, adjudant au 2° rég. — *Mougeard*, sergent-major au 4° rég. — *Japuis*, adjudant au 5° rég. — *Hacquart*, sergent au 2° rég. — *Renard*, sergent au 3° rég. — *Boury*, sergent-major au 4° rég. — *Julet*, adjudant au 1er rég. — *Lansoy*, sergent-major au 3° rég. — *Marhieu*, sergent au 4° rég. — *Borne*, adjudant au 5° rég.

PARTIE OFFICIELLE

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

INTÉRESSANT

LE SERVICE DU GÉNIE

ET SURVENUES PENDANT

LES MOIS D'AVRIL A AOUT 1891.

11 avril. — *Décret qui autorise le Ministre de la guerre à accepter un don de 15 000 fr fait au 3e régiment du génie par feu le général Le Baron.* (*B. O.*, p. r., p. 511.)

6 mai. — *Note ministérielle relative à la tenue d'un carnet-journal des recettes et des dépenses de la masse de casernement.* (*B. O.*, p. r., p. 651.)

Le Ministre a décidé que les corps de troupe chargés de l'entretien de leurs casernements tiendront dorénavant un carnet-journal des recettes et dépenses de la masse de casernement. Ce carnet contiendra l'indication de la nature et de la quantité des travaux exécutés et des matériaux employés, ainsi que de la main-d'œuvre qu'ils ont exigée ; il permettra ainsi aux corps de se rendre compte des prix de revient des travaux exécutés, et de prévoir la dépense des réparations qu'ils pourront entreprendre pendant un trimestre avec leurs allocations.

Il sera du modèle annexé à la présente note. (Modèle.)

9 mai. — *Décision ministérielle portant modification au règlement du 20 juin 1888, sur l'entretien des casernements par les corps occupants.* (*B. O.*, p. r., p. 653.)

Le Ministre a décidé que, dans le but d'éviter toute confusion entre les dépenses incombant à la masse de casernement et celles imputables à la masse des écoles ou autres fonds spéciaux, les

textes de l'article 4 (note 1) et de la nomenclature du règlement du 20 juin 1888, sur l'entretien des casernements par les corps occupants, seraient modifiés de la façon suivante :

« Article 4 (note 1).

« Les dépenses relatives à l'achat, à l'entretien et au renouvellement du matériel des champs de tir, stands, gymnases, écoles de natation, etc., continueront à être supportées par les fonds spéciaux afférents à ce matériel, d'après les dispositions en vigueur.

« Nomenclature (Rubrique : Divers).

« Entretien des cours (matériaux et main-d'œuvre), des plantations (y compris l'achat et la taille des arbres), des champs de manœuvre, des champs de tir, stands, des gymnases et des écoles de natation. (Travaux d'appropriation en dehors du matériel.) »

17 mai.— *Note ministérielle rendant réglementaire le port du sabre à la selle pour tous les officiers du génie.* (*B. O.*, p. r., p. 662.)

La décision du 17 mars 1888, qui a rendu réglementaire le port du sabre à la selle dans tous les services à cheval pour les sapeurs-conducteurs du génie (*officiers et troupe*), est étendue à tous les officiers du génie montés indistinctement.

22 mai. — *Décision portant adoption et description d'une vareuse pour les officiers de toutes armes (cavalerie exceptée), les assimilés et les employés militaires de tous les services, ainsi que pour les adjudants.* (*B. O.*, p. r., p. 685.)

Afin de rehausser la tenue des officiers de toutes armes, des assimilés et des employés militaires de tous les services, ainsi que celle des adjudants, et d'en assurer l'uniformité, en réglementant la nature et le port de la vareuse, le ministre a arrêté les dispositions suivantes :

Dans toutes les armes (sauf dans la cavalerie, où elle n'est pas en usage) et les services, la vareuse sera confectionnée en drap du dolman et de même couleur.

Le port de la vareuse, dont la description est indiquée ci-après, sera obligatoire pour les tenues du matin et de campagne, pour tous les exercices, pour les routes, pour la surveillance des

travaux de polygone, sur les chantiers et à l'intérieur des établissements et des bureaux.

Il n'est pas assigné de limite de temps pour l'usure des vareuses actuellement en service qui ne seraient pas du modèle réglementaire.

DESCRIPTION DE LA VAREUSE. (*Extrait.*)

La vareuse, confectionnée en drap du dolman et de même couleur, est entièrement doublée en satin de Chine noir.

Elle se ferme droit sur la poitrine, au moyen de sept gros boutons d'uniforme du modèle en usage pour le dolman.

Sa longueur est celle du dolman.

La vareuse est pourvue de six poches extérieures disposées de la manière suivante :

1° Deux de chaque côté de la poitrine, ouvertes en biais et légèrement relevées vers l'épaule, placées un peu au-dessus du troisième bouton du haut.

2° Deux à hauteur de la ceinture.

3° Deux à hauteur du dernier bouton.

A l'intérieur, à droite et à gauche du vêtement, deux poches, dites à portefeuille, sont pratiquées dans la doublure.

Le dos ne comporte ni patte, ni boutons, ni ornements.

La vareuse dessine légèrement la taille, derrière et sur les hanches.

Les devants et les petits côtés sont réunis par une couture placée sous les bras.

Le bas de cette couture laisse, du côté gauche, une ouverture pour le passage de la bélière du sabre ou de l'épée.

Les manches sont coupées en deux morceaux, sans parements.

Le collet droit est en drap du fond. Il est coupé carrément par devant et se ferme par deux agrafes en fer verni noir.

Un col blanc est fixé à la doublure du collet.

Marques distinctives des grades ou emplois à placer sur les manches. (Génie.)

OFFICIERS ET ASSIMILÉS.

Les marques distinctives des grades, disposées en chevrons sur les manches, consistent en une soutache d'or ou d'argent de

4 mm 1/2 de largeur. L'intervalle entre chaque grade est de 6 mm, jusqu'au 3e galon inclus; du 3e au 4e, il est de 15 mm pour revenir à 6 du 4e au 5e.

La soutache s'arrête aux coutures d'assemblage.

ADJUDANTS ET ASSIMILÉS.

Les galons de grade, façon trait côtelé, en or ou en argent mélangé d'un tiers de soie rouge en trois raies longitudinales également espacées, sont placés circulairement, à 80 mm environ du bord inférieur des manches.

Pour les adjudants rengagés, le bord supérieur de la soutache d'ancienneté effleure le bord inférieur du galon de grade. Ces deux galons sont contigus.

Marques distinctives du collet. (Génie.)

1° *Officiers et adjudants:* Les pattes, en drap du fond, portent le numéro du régiment ou la grenade, comme sur le dolman.

2° *Employés militaires :*

Adjoints du génie. — Chaque patte, en drap du fond, est ornée, sur son bord vertical, de la broderie d'encadrement spéciale à chaque classe, accompagnée de l'attribut du génie (cuirasse traversée d'une massue et surmontée d'un pot en tête); l'attribut est placé en arrière de la broderie et horizontalement sur le milieu de la patte.

Toutes les broderies sont en cannetille et filé d'or, sans aucune paillette.

Ouvriers d'état. — Les pattes, en drap du fond, portent l'attribut du génie estampé en métal de la couleur du bouton.

Portiers-consignes et bateliers aides-portiers. — Les pattes, en drap du fond, portent une étoile à cinq branches brodée en soie jaune.

26 juin. — *Décision ministérielle relative à la chaussure des élèves de l'École militaire de l'artillerie et du génie appartenant à la section du génie.* (*B. O.*, p. r., p. 743.)

30 juin. — *Note ministérielle complétant les notes ministérielles du 8 mars 1889 et du 14 avril 1891, relatives aux catégories du personnel auquel des cours d'équitation seront faits.* (*B. O.*, p r., p. 745.)

Le Président du Conseil, Ministre de la guerre, a décidé que

les adjoints du génie qui, étant affectés aux formations de campagne, sont appelés à être montés en temps de guerre, seront admis à suivre des cours d'équitation dans les conditions déterminées, pour les officiers d'administration du service des subsistances, par la note ministérielle du 8 mars 1889 et du 14 avril 1891. (*B. O.*, p. r., 1er sem. 1889, p. 523, et 1er sem. 1891, p. 524.)

2 juillet. — *Décret prononçant le déclassement définitif de la place d'Arras.* (*B. O.*, p. r., p. 3.)

21 juillet. — *Décision ministérielle rattachant le commandement territorial de Seine-et-Oise au commandement de la brigade du génie du gouvernement de Paris.* (*B. O.*, p. r., p. 43.)

Par décision ministérielle du 21 juillet 1891, le commandement territorial du département de Seine-et-Oise est rattaché au commandement de la brigade du génie du gouvernement militaire de Paris, à Versailles.

15 août. — *Note ministérielle complémentaire de celle du 24 mars 1891, portant autorisation de faire transformer en vestes les tuniques du génie qui ne peuvent être maintenues à la collection d'extérieur.* (*B. O.*, p. r., p. 85.)

PROMOTIONS, MUTATIONS, RADIATIONS ET NOMINATIONS

Du 20 avril au 20 juin 1891.

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL.

Généraux de division. — II. M. *Hinstin*, membre du comité technique du génie, nommé gouverneur de Verdun, commandant supérieur de la défense du groupe.

III. M. *Lanty*, admis dans le cadre de réserve (13 mai).

ARMÉE ACTIVE.

OFFICIERS.

Lieutenant-Colonel. — III. Retraité : M. *Devé*, directeur à Langres (3 juin).

Chefs de bataillon. — II. M. *Lecomte* (L. A.), chef du génie à Givet, nommé chef du génie à Rochefort (30 avril).

III. Décédé : M. *Percheron*, chef du génie à Limoges.

Capitaines en 1er. — II. MM. *Samalens*, profess. à l'Éc. de l'artill. et du génie à Versailles, nommé chef du génie à Givet. — *Chédeau*, à la direction de Versailles, désigné pour la chefferie de la même place. — *Bourras*, du 4e rég., désigné pour le 2e rég. comp. 17/4, à Alger. — *Feldhaus*, du 2e rég., à Alger, désigné pour être employé à Lille. — *Henry* (B. A.) [breveté], à Besançon, désigné pour le 1er rég., à Versailles (30 avril). — *Garlandier*, au 1er rég., nommé profess. à l'Éc. de l'artill. et du génie, à Versailles (2 mai). — *Curmer*, chef du génie à Gabès, désigné pour Paris, rive droite (7 mai). — *Vautour*, à la disposition du gouverneur de l'Indo-Chine, rentré en France et remis à la disposition de l'arme (en congé). — *Alby*, breveté, offic. d'ordonn. de M. le gén. Lanty, désigné pour l'état-major de l'armée, 3e bureau (23 mai). — *Devrez*, offic. d'ordonn. de M. le gén. Livet, désigné pour l'état-major des troupes de l'Indo-Chine (13 mai). — *Cornille*, à l'École de chemins de fer, ligne de Chartres-Orléans, désigné pour le 5e rég. — *Muller*, du 5e rég., désigné pour l'École de chemins de fer, ligne de Chartres-Orléans (13 juin)

Capitaines en 2e. — II. MM. *Sellier*, à Oran, désigné pour Nancy. — *Cernesson*, à Ajaccio, désigné pour l'Algérie (30 avril). — *Gillard*, du 4e rég., à Briançon, désigné pour la portion centrale de son régiment et remplacé par M. *Barisien* (30 avril). — *Cottier*, à Épinal, nommé prof. adj. de fortif. à l'Éc. spéc. mil. de Saint-Cyr (6 mai). — *Gunlz*,

offic. d'ordonn. de M. le gén gouvern. de Briançon, classé à Épinal (prov.). — *Talon,* au serv. géogr. à Calais, désigné pour le même service à Paris (25 mai).

RÉSERVE.

Sous-Lieutenants. — I. M. *Lemercier,* sous-lieutenant de réserve d'infanterie, passé avec son grade dans le corps du génie (25 mai).

II. Décédé M. *Courbaud* (8 avril).

ADJOINTS.

Adjoints principaux de 1re classe — III. Retraités : MM. *Chéry* et *Schuller* (25 mai).

Adjoints principaux de 2e classe. — III. Retraités : MM. *Boyenval* et *Legeay* (25 mai).

Adjoints de 1re classe. — III. Retraité : M. *Pastrie* (30 avril). — Décédé : M. *Boissière* (3 mai).

Adjoint de 2e classe. — III. Décédé : M. *Abraham* (24 avril).

Adjoints de 3e classe. — II. MM. *Burret,* à Nice, désigné pour l'École de chemins de fer, à Versailles. — *Baud,* au serv. géogr. à Nice, désigné pour être employé au service de l'arme à Agde (30 avril).

III. Décédés : MM. *Lefève* (29 avril). — *Dubourguet* (2 juin).

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

Chef de bataillon. — III. Décédé : M. *Pigeon* (19 mai).

Sous-Lieutenants. — III. Démissionnaires : MM. *Menier* (27 avril). — *Parent* (30 avril). — *Dubois* (14 mai).

ADJOINTS.

Adjoints de 3e classe. — III. Décédés : MM. *Calliçé* (19 novembre). — *Gassan* (4 mars). — *Baffer* (16 mai).

Du 20 juin au 20 août.

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL

Généraux de brigade. — I. M. *Varaigne*, gouverneur d'Épinal (11 juillet).

II. M. *Quinivet*, commandant la brigade du génie du gouvernement militaire de Paris, nommé en même temps commandant du département de Seine et-Oise (21 juillet).

Nommé *Commandeur de la Légion d'honneur* (11 juillet) : M. *Lallemant*, commandant le génie de la 16e région; 44 ans de services; 7 campagnes. Officier du 20 août 1874.

ARMÉE ACTIVE.

OFFICIERS.

Colonels. — I. Promu *Général de brigade :* M. *Lucas de Peslouan*, directeur à Versailles, nommé gouverneur de Dunkerque (11 juillet).

II. M. *Lussan*, directeur à Nantes, nommé directeur à Bayonne (17 juillet).

III. Retraité : M. *Granade* (29 juin).

Lieutenants-Colonels. — I. Promus *Colonels :* MM. *Coville*, directeur au Mans. — *Michel*, hors cadre, breveté, à l'état-major du gouv. milit. de Paris, maintenu hors cadre et dans sa situation actuelle — *Massu*, directeur à Amiens. — *Toulza*, attaché à la maison militaire de M. le Président de la République, nommé directeur à Versailles (13 juillet).

II. M. *Dalstein*, chef du génie à Toul, désigné pour être attaché à la personne de M. le Président de la République (15 juillet). — M. *Calohar*, au 2e rég., nommé directeur à Langres (11 juillet).

Nommé *Officier de la Légion d'honneur* (11 juillet) : M. *Regnault de Prémesnil*, chef du génie à Lyon ; 34 ans de services ; 8 campagnes. Chevalier du 7 février 1871.

Chefs de bataillon. — I. Promus *Lieutenants-Colonels :* MM. *Porez*, chef du génie à Maubeuge. — *Boucher de Morlaincourt*, au 5e rég., désigné pour être employé à Versailles provisoirement. — *Vouaux*, chef du génie à Brest (13 juillet).

II. MM. *Tétard*, commandant l'École de chemins de fer, nommé chef du génie à Toul. — *Tock*, chef du génie à Commercy, désigné pour le 5e rég. — *Debaillard du Lys*, chef du génie à Auxerre, désigné pour les mêmes fonctions à Limoges. — *Marcy*, au 5e rég., nommé commandant à l'École de chemins de fer. — *Compagnon*, au ministère de la guerre (matériel du génie), désigné pour le 5e rég. — *Frossard*, chef du génie au Havre, désigné pour les mêmes fonctions à Commercy. — *Blanchecotte*, à Épinal, nommé chef du génie au

Havre (17 juillet). — M. *Beau*, chef du génie à Montbéliard, nommé chef du génie à Auxerre (5 août).

Nommés *Officiers de la Légion d'honneur* (11 juillet): MM. *Buisson*, commandant de l'École de Versailles; 27 ans de services, 2 campagnes, 1 blessure de guerre. Chevalier du 1er février 1872. — *Cornille*, chef du génie à Paris (R. D.); 30 ans de services, 4 campagnes. Chevalier du 13 octobre 1879.

Capitaines en 1er. — I. Promus *Chefs de bataillon* : MM. *Samalens*, chef du génie à Givet. — *Simon*, à Nantes. — *Romieux*, prof. à l'Éc. d'applic., placé hors cadre et affecté au serv. géogr. — *Boullet*, au ministère de la guerre (personnel du génie). — *Morges*, au ministère de la guerre (matériel du génie). — *Thévenet*, breveté, offic. d'ord. de M. le gén. Billot, placé hors cadre et maintenu dans sa situation actuelle (13 juillet).

II. MM. *Benoit* (J. B. C. M. J.), à Toul, désigné pour Nancy. — *Poupard*, à Constantine (dir.), désigné pour le 3e rég. — *Erard* (G. F. F.), à Oran (dir.), désigné pour le 2e rég. (17 juillet). — *Allard*, à Besançon, nommé chef du génie à Montbéliard. — *Vautour*, rentrant du Tonkin, désigné pour Paris (R. D.) (5 août).

Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur* (11 juillet) : MM. *Bastide*, 1er rég.; 17 ans de services; 4 campagnes. — *Abinal*, 3e rég.; 18 ans de services; 5 campagnes. — *Dautheville*, du 5e rég; 17 ans de services; 5 campagnes — *Ayel*, offic. d'ord. du gén. Langlois; 15 ans de services; 8 campagnes. — *Curmer*, à Paris; 19 ans de services; 4 campagnes. — *Xardel*, offic. d'ord. du gén. Bongarçon; 18 ans de services; 4 campagnes. — *Stalla-Badaro*, 17 ans de services; 5 campagnes. — *Martière*, à Bordeaux; 21 ans de services. — *Barré*, prof. adj. à l'Éc. d'appl.; 21 ans de services.

Capitaines en 2e. — I. Promus *Capitaines en* 1er : MM. *Reignier*, au 2e rég. — *Luthard* (E. C.), au 2e rég. — *Courtines*, à Bayonne. — *Masselin*, prof. adj. à l'Ec. d'appl. — *Linder*, breveté, hors cadre, à l'état-major de l'armée (4e bur.). — *Borgoltz*, au 5e rég. — *Dattin*, au 2e rég. — *Floret*, au 5e rég. (24 juillet).

II. MM. *Lecrosnier*, du 2e rég., désigné pour être employé en Algérie. — *Murez*, à Maubeuge, désigné pour l'Algerie. — *Spiess*, au 5e rég., désigné pour le 2e rég., à Constantine. — *Major*, du 2e rég., à Constantine, désigné pour le 5e rég. — *Duflos*, à Dunkerque, désigné pour être employé à Stenay. — *Payès*, à Bastia, désigné pour La Rochelle (17 juillet). — *Châles*, à Cherbourg, désigné pour le Dépôt central de télégr. mil., à Paris. — *Goubet*, à La Fère, désigné pour Cherbourg. — *Sou*, au 4e reg., à Nice, désigné pour être employé à Besançon (5 août). — *Rodallec*, à Versailles, désigné pour servir d'offic. d'ord. à M. le gén. Lucas de Peslouan (8 août)

Lieutenants en 1er. — I. Promus *Capitaines en 2e* : MM. *Campana*, au 2e rég., en Tunisie, maintenu en Tunisie. — *Magny*, au 3e rég., à Arras, désigné pour Besançon. — *Aubert*, au 3e rég, à Arras, désigné pour Maubeuge. — *Lafon*, au 1er rég., à Versailles, désigné pour Verdun (13 juillet).

Lieutenants en 2e. — I. Promus *Lieutenants en 1er* : MM. *Bonnet*, du 5e rég. — *Reinhart*, du 1er rég. — *Leveugle*, du 5e rég. — *Dautheville* (P.), du 2e rég. — *Crosson-Duplessix*, du 5e rég. — *Wohl*, du 5e rég. — *Bernard*, du 5e rég. (24 juillet).

RÉSERVE.

Lieutenants. — I. Promus *Capitaines* : MM. *Combernoux*, *Le Rond*, *Cosmi*, *Dreyfus* (S. E.). *Jourde*, *Imbeaux*, *Corbeaux*, *Deslandres*, *Lemoine*, *Bienvaux*, *Antin*, *Guillot* (H. A.), *Delâge*, *Dumur*, *Sigault*, *Michel* (C. F. G.). *Breuillé*, *Equer*, *Lefebvre*, *Rebuffel*, *Meunier*, *Massenet*, *Vieille*, *Jullien* (C.) (13 juillet).

III. Démissionnaire : M. *Samson* (13 août).

ADJOINTS.

Adjoints principaux de 1re classe. — Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur* (11 juillet) : *Joly*, adj. princ. à Saint-Malo ; 37 ans de services, 8 campagnes — *Fournier*, adj. princ. à Nancy ; 37 ans de services, 6 campagnes. — *Delaporte*, adj. princ. à Mâcon ; 39 ans de services, 2 campagnes.

III. Retraité : M. *Château* (13 juillet).

Adjoints principaux de 2e classe. — I. Promus *Adjoints principaux de 1re classe* (13 juillet) : MM. *Nanta*, à Montpellier. — *Ruat*, à Nantes.

III. Décédé : M. *Penny* (24 juin).

Retraité : M. *Colte* (7 juillet).

Nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur* : MM. *Batique*, adj. princ. à Arras ; 35 ans de services, 6 campagnes. — *Durteste*, adj. princ. à Bourg ; 31 ans de services, 9 campagnes. — *Diet*, adj. princ. au camp de Châlons ; 33 ans de services, 7 campagnes. — *Laffargue*, adj. princ. à Tébessa ; 37 ans de services, 3 campagnes. — *Carton*, adj. princ. à Cambrai ; 34 ans de services, 6 campagnes.

Adjoints de 1re classe. — I. Promus *Adjoints principaux de 2e classe* : MM. *Bourgeois*, à Tours. — *Richard*, à Clermont-Ferrand. — *Chataux*, à Bourges. — *Ferron*, à Maubeuge. — *Florentin*, à Dijon (13 juillet).

II. MM. *Garnier*, à Verdun, désigné pour Paris (dir.). — *Martin* (E.), au Quesnoy, désigné pour Valenciennes. — *Pestel*, à Beauvais, désigné pour Melun. — *Verheyde*, à Rouen, désigné pour l'Algérie. — *Chanvoux*, à Dôle, désigné pour Épinal (17 juillet).

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — I. Promus *Adjoints de 1re classe :* MM. *Denus*, à Briançon. — *Gérardin*, à Paris (R. G.). — *Nicolas*, à Orléans. — *Renaud*, à Constantine, désigné pour Périgueux. — *Gérard*, à Longwy (13 juillet).

II. M. *Baudassé*, à Montmédy, désigné pour Aix (17 juillet).

ADJOINTS DE 3e CLASSE.— I. Promus *Adjoints de 2e classe :* MM. *Lemoine*, à Cherbourg. — *Peycam*, au serv. géogr. à Brest. — *Aunis*, à Ajaccio. — *Salomé*, à l'École du génie d'Arras (13 juillet).

II. MM. *Jacquot* (E. A.), à La Roche-sur-Yon, désigné pour Saumur. — *Veyry*, à Belfort, désigné pour Dôle. — *Claudin*, à Gabès, désigné pour Stenay. — *Devalland*, à Sebdou, désigné pour La Roche-sur-Yon (17 juillet). — *Copien*, à Moulins, désigné pour Bourges (dir.). — *Lambert* (E. A.), à Bourges (dir.), désigné pour Valenciennes (5 août).

STAGIAIRES. — Promus *Adjoints de 3e classe :* MM. *Durand*, à Chambéry. *Navarre*, à Castres. — *Carrère*, à Géryville. — *Vautrin*, à Bordeaux, désigné pour la Tunisie. — *Ramus*, à Bastia (13 juillet).

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

COLONELS. — I. M. *Granade*, colonel en retraite (4 juillet).

LIEUTENANTS-COLONELS. — I. *Devé*, lieut.-col. en retraite (4 juillet).

Nommé *Officier de la Légion d'honneur* (11 juillet) : M. *Lenoir*, 43 ans de services, 17 campagnes, 1 blessure de guerre. Chevalier du 28 décembre 1868

CAPITAINES. — III. Décédé : M. *Mallié* (30 avril).

Nommé *Chevalier de la Légion d'honneur* (11 juillet) : M. *De Ricard*, 25 ans de services, 1 campagne.

LIEUTENANT EN 2e. — III. Démissionnaire : M *Tinçon* (22 juin).

SOUS-LIEUTENANT. — III. Démissionnaire : M. *Beaufils* (7 août).

ADJOINTS.

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 1re CLASSE. — I. MM. *Chéry*, *Schuller*, adj. princ. de 1re cl., et M. *Boyenval*, adj. princ. de 2e cl., en retraite (1 juill.).

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 2e CLASSE. — I. M. *Legeay*, adj. princ. en retraite (4 juillet).

ADJOINTS DE 1re CLASSE. — I. MM. *Pastrie*, adj. de 1re classe, et *Maurice*, adj. de 2e cl. en retraite (4 juillet).

III. Démissionnaire : M. *Blayac* (22 juin).

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — III. M. *Walle*, rayé des cadres pour raisons de santé (13 août).

PARTIE OFFICIELLE

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

INTÉRESSANT

LE SERVICE DU GÉNIE

ET SURVENUES PENDANT

LES MOIS D'AOUT A OCTOBRE 1891.

4 octobre 1891, — *Rapport au Président de la République et décret portant règlement sur le service dans les places de guerre et les villes ouvertes.*

1° Modifications principales au décret du 23 octobre 1883 :

Formation de groupes de places ;

Rôle attribué au commandant supérieur de la défense du groupe et à son adjoint dans la commission de défense ; dans la préparation de la défense des places ;

Infanterie représentée dans la commission de défense.

2° Dispositions intéressant particulièrement le service et les troupes du génie :

ÉTAT DE PAIX.

Art. 10. Chef de service du génie du groupe assistant le commandant supérieur de la défense. Mode de transmission des affaires.

Art. 13. Représentation du service du génie dans la commission de défense.

Art. 14. Officiers du génie autorisés à prendre communication des archives.

Art. 15. Renseignements à transmettre au commandant supérieur.

Art. 20. Conservation du domaine militaire.

Art. 33 et 34. Rapports avec le commandant d'armes.

Art. 34 et 38. Casernement.

Art. 52. États-majors particuliers du génie, exempts du service de place, sauf des députations.

Art. 54. Service de garde des troupes du génie.

Art. 55 et 171. Incendies, inondations.

Art. 130. Surveillance des établissements non occupés par la troupe.

Art. 133. Mise en état des corps de garde.

Art. 152 à 158. Conservation du domaine militaire et des fortifications. Travaux, levers, photographie.

Art. 161. Visite des casernes après départ de la troupe.

ÉTAT DE GUERRE.

Art. 185. Service d'incendie.

Art. 188. Journal particulier du service.

ÉTAT DE SIÈGE.

Art. 191. Rapports avec le gouverneur.

Art. 192. Direction des travaux civils.

Art. 198 et 200. Représentation du service du génie dans le conseil de défense et le comité de surveillance des approvisionnements.

Art. 207. Chef du service du génie, ordonnateur secondaire.

Art. 216. Service du génie représenté dans les conseils d'enquête de la défense.

Art. 217. Journal du commandant du génie soumis au conseil d'enquête.

Art. 221, 244 et 245. Service du génie représenté dans la commission de défense d'un port militaire, dans le conseil de défense, dans le comité de surveillance des approvisionnements.

Art. 247, 250 et 260. Rangs, préséances et ordre de bataille. visites de corps.

PROMOTIONS, MUTATIONS, RADIATIONS ET NOMINATIONS

Du 20 août au 20 octobre 1891.

ARMÉE ACTIVE.

OFFICIERS.

COLONELS. — II. M. *Delair*, directeur à Bourges, désigné pour les mêmes fonctions à Besançon (22 septembre).

III. Retraité : M. *Glises*, directeur à Besançon (3 septembre).

LIEUTENANTS-COLONELS. — II. MM. *Baldy*, chef du génie à Paris, R. G., nommé directeur à Bourges. — *Dutilleux*, chef du génie à Nantes, nommé directeur dans cette place — *Porez*, chef du génie à Maubeuge, désigné pour les mêmes fonctions à Paris (R. G.) (22 septembre). — *Sorel*, chef du génie à Bourges, désigné pour le 2e reg. (18 octobre).

III Retraité: M. *Titeux*, à la direction de Lyon (3 septembre).

CHEFS DE BATAILLON — II. MM. *Marmier*, du 5e rég., désigné pour commander une mission dans le Haut-Sénégal (7 septembre). — *Rouger*, chef du génie à Arras, désigné pour les mêmes fonctions à Maubeuge (22 septembre). — *Fouché*, chef du génie à Reims, désigné pour les mêmes fonctions à Nantes — *Caruel*, chef du genie à Châlons-sur-Marne, désigné pour les mêmes fonct. à Reims.—*Renard* (P.G., prof.

à l'Éc. d'applic., désigné pour le 5e rég. — *Lhuillier*, chef du génie à La Rochelle, désigné pour les mêmes fonctions à Châlons-sur-Marne. — *de Villelles*, du 5e rég., nommé chef du génie à Bourges. — *Pellissier*, chef du génie à Briançon, désigné pour le 3e rég. — *Frapillon*, chef du génie à Vesoul, désigné pour les mêmes fonctions à Briançon. — *Gambiez*, breveté, à la dir. du serv. de la télégr. mil., à Paris, désigné pour le 4e rég. — *Taithan*, du 4e rég., désigné pour le 1er rég. (18 octobre). — *de Montarby*, au 3e rég., nommé chef d'état-major du gouvernement de la place forte de Langres (17 octobre).

Capitaines en 1er. — II. MM. *Loustalot-Laclette*, du 5e rég., désigné pour faire partie d'une mission dans le Haut-Sénégal (7 septembre). — *Guillot*, à l'École de chemins de fer, nommé chef du génie à Arras.— *Chevalier*, au ministère de la guerre, 4e dir., désigné pour Clermont-Ferrand. — *Guignard*, à Riom, désigné pour la section technique du génie. — *Franck* (L. N.), breveté, au Dépôt centr. de télégr. mil., désigné pour le ministère de la guerre (4e dir., 2e bur.).—*Maniguet*, au 2e rég., désigné pour Épinal. — *Monget*, à Alger, désigné pour le 5e rég. — *Gengembre*, à Paris, R. D., désigné pour Calais (22 septembre). — *Labaurie*, à Tours, nommé chef du génie à Vesoul. — *Guérandel*, à Lorient, nommé chef du génie à La Rochelle. — *Dietz*, au 4e rég., désigné pour Langres. — *Serrault*, à Châteauroux, désigné pour Tours.— *Brion*, à Alger, désigné pour le 4e rég. (18 oct.).

Capitaines en 2e. — II. MM. *Scelzer*, offic. d'ord de M. le gén. Yung, désigné pour la dir. de la télégr. mil. à Paris (29 août). — *Lelièvre*, à Antibes, désigné pour le 3e rég., à Arras. — *Dauriac*, à Philippeville, désigné pour le 2e rég., à Montpellier. — *Digue*, à Aurillac, désigné pour l'Algérie. — *Ruelle*, à Lille, désigné pour Aurillac. — *Cerf*, à Calais, désigné pour Lille (22 septembre). — *Lasseron*, à Bayonne, nommé prof. adj. d'art mil. à l'Éc. d'appl. — *Letellier*, à Chambéry, nommé prof. adj. de topogr. à l'Éc. d'appl. — *Lesage*, à l'état-major de l'Éc. d'appl., nommé prof. adj. de topogr. de cette école (7 octobre). — *Guillaume*, à Alençon, désigné pour Châteauroux. — *Michelier*, à Langres, désigné pour Bayonne. — *Roche*, à Marseille, désigné pour l'Algérie (18 octobre).

III. Retraité : M. *Nelter*, à Paris, R. D., pour infirmités (3 septembre).

Lieutenants en 1er. — II. MM. *Pelabon* et *Fabia*, du 5e rég., désignés pour faire partie d'une mission dans le Haut-Sénégal (7 septembre).

Sous-Lieutenants élèves. — I. Promus *Lieutenants en 2e* : MM. *Poindron*, classé au 1er rég. — *Lindecker*, classé au 1er rég. — *Berthelemy*, classé au 5e rég. — *Segretain*, classé au 4e rég. — *Tournefier*, classé au 5e rég. — *Richard*, classé au 1er rég. — *Prangé*, classé au 3e rég. — *Métivier*, classé au 5e rég. — *Mazet*, classé au 2e rég. — *Thomas*, classé au 1er rég. — *Loupp*e, classé au 5e rég. — *Aury*, classé au 2e rég. — *Bastien*, classé au 3e rég. — *Vallois*, classé au 3e rég. — *Bursaux*, classé au 2e rég. - *Drouineau*, classé au 3e rég. — *Durez*, classé au 3e rég. — *Perrié*, classé au 4e rég. — *Guyon*, classé au 4e rég. — *Jeune*, classé au 3e rég. — *Fatou*, classé au 1e rég. - - *Dié*, classé au 1e rég — *Habert*, classé au 4e rég. — *Durut*, classé au 4e rég. -- *Campa*, classé au 4e reg. — *Brion*, classé au 4e rég. — *Labadie*, classé au 4e rég.— *Giorgio*, classé au 3e reg. — *Rougier*, classé au 3e rég. -- *Fleury*, classé au 3e rég. (13 septembre).

ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — Promus *Sous-Lieutenants élèves* (1er septembre) : MM. *Denis, Lefier, Laigle, Levêque, Foulon, Boquet, Le Roy, Loiseau, Jubelin, Vernay, Birchler, Lescure, Armet, Lemaire, Beigbéder-Camp, Roulin, Deperthes, Gourde, Descombes, Freté.*

RÉSERVE.

LIEUTENANTS. — I. MM. *Picard,* lieuten. du génie démiss., nommé lieuten de réserve. — *Tiberj,* sous-lieut., promu lieuten. (30 septembre).

SOUS-LIEUTENANTS. — I. MM. *Poisson,* sous-lieut. élève du génie dém. — *Veith,* ex-sous-offic. du génie, nommés sous-lieut. de réserve.

ADJOINTS.

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 1re CLASSE. — III. Retraités : MM. *Château,* à Condé. — *Saga,* à Paris (dir.) [3 septembre].

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 2e CLASSE. — III. Retraités : MM. *Dufour,* à Châlons-sur-Marne (dir.). — *Lhoué,* à Brest (3 septembre).

ADJOINTS DE 1re CLASSE. — II. M. *Guilbert,* à Nice, désigné pour l'École de Versailles (18 octobre).

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — II. MM. *Maître,* au camp de Châlons, désigné pour Châlons (dir.) [22 septembre]. — *Mangin* (N. H.), à Briançon, désigné pour la Tunisie (18 octobre).

ADJOINTS DE 3e CLASSE. — II. MM. *Reverdy,* à l'École du génie à Montpellier, désigné pour Castres. — *Monteil,* à Limoges, désigné pour Moulins. — *Navarre,* à Castres, désigné pour l'École du génie de Montpellier (29 août). — *Cattiez,* à Saint-Denis, désigné pour le camp de Châlons (22 septembre). — *Guyon* (E. J. G.), à Lyon, désigné pour Briançon. — *Givert,* à Grenoble, désigné pour Gap. — *Berthet,* à Tunis, désigné pour Grenoble. — *Lemenuel,* à Gap, désigné pour Lyon. — *Morsaline,* à Commercy, désigné pour Nice (18 octobre).

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

SOUS-LIEUTENANTS. — I. M. *Lacquemant,* ex-sous-officier du génie, nommé sous-lieutenant (21 septembre).

ADJOINTS.

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — I. Promus *Adjoints de 1re classe :* MM. *Picart, Kirchhoffer, Desroche* (21 septembre).

ADJOINTS DE 3e CLASSE. — I. Promus *Adjoints de 2e classe* (21 septembre) : MM. *Pelletier, Mercier, Pigneret, Desponge, Degalle, Nadot, Thevenard, Regouby, Budker.*

II. Nommés *Adjoints de 3e classe :* MM. *Daumas, Rey* (F. F.), *Mignalon, Dantec, Chassé, Hollender, Pautrot, Malette, Coulon, Chanterel, Verprières, Testart, Hardiviller, Dufossé, Fournié, Miquel, Querbe, Goultessoulard, Aveline, Urvoi, Thierry, Bondeau, Staub, Laffont, Mercier* (21 septembre).

PARTIE OFFICIELLE

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

INTÉRESSANT

LE SERVICE DU GÉNIE

ET SURVENUES PENDANT

LES MOIS D'OCTOBRE A DÉCEMBRE 1891.

13 octobre 1891. — *Note ministérielle relative à l'imp utation des dépenses résultant des travaux d'appropriation du casernement nécessaires pour l'installation des mess de sous-officiers.* (C. Min. ; Correspondance générale.) [*B. O.*, p. r., *p. 544.*]

Aux termes de la note ministérielle du 9 juin 1888, les travaux d'appropriation du casernement nécessaires pour l'installation des mess de sous-officiers incombent au service du génie. Par suite, le budget de ce service est naturellement désigné pour supporter les dépenses résultant de ces travaux, dont le détail, conformément aux autres prescriptions de la note précitée, doit, au préalable, être soumis au chef local du génie, afin que cet officier puisse émettre son avis au sujet des propositions formulées.

Des difficultés s'étant présentées à propos de l'imputation des dépenses de cette nature, le Président du conseil, Ministre de la guerre, rappelle aux chefs de corps que, pour l'installation des mess de sous-officiers, ils doivent se conformer strictement à la teneur de la note ministérielle du 9 juin 1888 et que la non-observation des prescriptions de cette note engagerait leur responsabilité personnelle.

20 octobre. — *Décision ministérielle relative à la suppression du concours qui a lieu, chaque année, à l'École normale de gymnastique, pour la répartition des vacances de maîtres d'escrime dans les régiments de la cavalerie, de l'artillerie et du génie, et fixant à seize, pour l'année 1892, le nombre des candidats qui pourront obtenir le brevet de maître d'escrime.* (Direction de l'infanterie ; 2e Bureau.) [*B. O.*, p. r., *p. 557.*]

(*Pour mémoire.*)

27 octobre. — *Circulaire relative à la diminution du nombre des hommes distraits du service régimentaire.* (*B. O.*, p. r., *p. 575.*)

. . . . . .

d) ÉTABLISSEMENTS DE L'ARTILLERIE, DU GÉNIE ET DES SERVICES ADMINISTRATIFS.

. . . . . .

Magasins de munitions. — Il est inutile de faire garder par des factionnaires les magasins de munitions placés dans les casernes ou quartiers et entourés d'un chemin de ronde. Les services locaux du génie ont dû ou devront faire établir ces chemins de ronde partout où ils n'existent pas et où il est possible de les créer.

Des dispositions analogues devront être prises pour les hangars contenant des caissons de munitions chargés, dont on devra, de préférence, chercher à assurer la protection par des obstacles matériels.

. . . . . .

Magasins à fourrages. — La surveillance des parcs à fourrages appartenant à l'État sera assurée, en principe, par les concierges. Les commandants de corps d'armée feront placer des factionnaires à l'extérieur, lorsqu'ils le jugeront indispensable ; ceux-ci seront fournis, soit par les troupes d'administration, soit par les autres troupes de la garnison, suivant les circonstances locales. Les clôtures actuelles seront améliorées si besoin est, de manière à réduire au strict minimum le nombre des hommes employés à ce service.

Il sera stipulé, dans tous les marchés passés avec les entrepreneurs, que le soin d'assurer la conservation de leurs approvisionnements leur incombera exclusivement.

. . . . . .

Il importe de ne pas perdre de vue, d'ailleurs, qu'*en principe*, chaque service doit assurer la garde de ses établissements ; mais cette prescription ne s'applique évidemment qu'autant que les troupes relevant de ce service et appartenant à la garnison sont en nombre suffisant ; il ne doit pas être fait, dans ce but, des déplacements de troupes.

SERVICE DE PLACE.

. . . . . .

S'il existe encore des postes dans certains hôpitaux militaires, ils seront supprimés. On fera griller les fenêtres ou on emploiera tout autre moyen analogue pour empêcher les malades de communiquer avec l'extérieur, sans avoir recours à des factionnaires. Les travaux nécessaires seront entrepris aussitôt que cela se pourra.

Les factionnaires permanents placés près des magasins d'habillement seront supprimés ; en améliorant les moyens de fermeture de ces locaux, en y faisant coucher le sergent garde-magasin, on pourra toujours en assurer la garde dans des conditions suffisantes.

III. — Travailleurs au génie, a l'artillerie, aux services administratifs et de santé en ville.

Aucun travailleur auxiliaire ne doit être fourni aux différents services, sauf dans les cas d'urgence constatée et en raison de l'insuffisance de leur personnel ; les autorisations de cette nature seront délivrées par les généraux commandant les corps d'armée et ne seront valables que pendant la durée des circonstances exceptionnelles qui les auront motivées.

Toutefois, l'interdiction dont il s'agit ne s'applique pas aux travaux entrepris sur les champs de tir, les cours des quartiers et les terrains de manœuvres, etc., qui incombent nécessairement aux corps de troupe.

L'entretien des approvisionnements de mobilisation doit être toujours assuré par les corps de troupe auxquels ces approvisionnements appartiennent. Ces corps détacheront le nombre d'hommes nécessaire, en les faisant relever tous les quinze jours.

Dans les places où des approvisionnements de mobilisation sont

confiés à un agent unique, le commandant d'armes mettra, en temps voulu, à la disposition de cet agent, le nombre d'hommes de corvée nécessaire pour les manipulations.

L'entretien des approvisionnements constituant les réserves générales sera assuré, en principe, par les moyens mêmes dont disposent les établissements où ils sont déposés ; ce n'est que dans des cas d'extrême urgence et lorsque toute autre ressource fera totalement défaut, que les commandants de corps d'armée pourront, en en rendant compte, autoriser l'emploi transitoire de la main-d'œuvre militaire. Les hommes qui seront ainsi employés rentreront à leurs corps aussitôt qu'il aura été possible de les remplacer.

Dans les forts détachés ou isolés, l'artillerie, le génie et les services administratifs et de santé pourront employer, pour les mouvements de matériel et les petits travaux à exécuter dans l'intérieur du fort, des hommes de la garnison. Le compte rendu des autorisations de cette nature, délivrées par les commandants de corps d'armée, sera adressé au Ministre au commencement de chaque trimestre.

. . . . . .

Telles sont les règles auxquelles on se conformera pour le service de gardes et de plantons, pour l'emploi des travailleurs militaires et le service intérieur des corps de troupe, en ce qui concerne les hommes distraits du service régimentaire. Je vous prie de donner, de votre côté, dans l'étendue de votre commandement, les instructions complémentaires nécessaires pour en assurer la stricte application dans les divers cas particuliers qui peuvent se présenter. La réduction des non-valeurs des corps de troupe est plus que jamais, par suite de l'adoption du service de trois ans, une nécessité absolue, et elle doit être poursuivie partout, même au moyen de l'abandon de commodités de service qui ne paraissent indispensables qu'en raison de la force de l'habitude.

Il doit être entendu, d'ailleurs, que les améliorations à apporter aux bâtiments militaires, en exécution de plusieurs paragraphes de cette circulaire, ne seront réalisées qu'autant que les ressources budgétaires le permettront.

Il sera rendu compte au Ministre des résultats des revues d'effectif que les officiers généraux auront passées ou fait passer à

l'improviste pour s'assurer de l'exécution de ces diverses prescriptions.

30 octobre. — *Note ministérielle relative à l'application au service de la télégraphie militaire des règlements militaires sur l'administration et la comptabilité.* (D. Serv. adm. ; Solde et Ind. de route.) [*B. O.*, p. r., *p. 595.*]

En exécution des prescriptions de l'article 8 du décret du 27 septembre 1889, les unités du service de la télégraphie militaire s'administrent comme les unités formant corps, en temps de paix et en temps de guerre.

. . . . . .

Le personnel de la télégraphie militaire est traité, au point de vue de la solde et des prestations, conformément au tableau B annexé au décret du 27 septembre 1889 : pour les cas non prévus audit tableau, il est assimilé au personnel du génie suivant la correspondance de grade fixée par l'article 5 du décret.

. . . . . .

Le matériel technique et les harnachements des fonctionnaires montés sont délivrés par le service du génie aux chefs d'unité, qui en deviennent responsables, conformément à l'article 34 de l'instruction du 7 mai 1891 ; ils le réintègrent ensuite au complet et en bon état, sauf pertes ou dégradations dûment constatées dans les formes prescrites par le décret du 14 janvier 1889. Chaque école ou unité reçoit, pour l'entretien du matériel technique et pour l'achat des objets et ingrédients de consommation courante (huiles, mèches, etc.) une allocation mensuelle de 25 fr., dont elle justifie l'emploi d'après les règles en vigueur et qui est ordonnancée par le service local du génie.

. . . . . .

28 novembre. — *Règlement sur la participation des administrations de chemins de fer au recrutement, à l'instruction technique et à la constitution des effectifs de guerre du 5e régiment du génie, dit régiment de sapeurs de chemins de fer.* (D. Gén. ; Personnel du Génie.) [*B. O.*, p. r., *627*].

Le présent règlement a pour objet de fixer les détails d'exécution de la convention passée, le 18 novembre 1891, entre le Mi-

nistre de la guerre et les administrations des six grands réseaux des chemins de fer français et du réseau de l'État.

TITRE Ier.

EMPLOYÉS DE CHEMINS DE FER AFFECTÉS AU 5e RÉGIMENT DU GÉNIE.

Art. 1er. — Le contingent attribué annuellement au 5e régiment du génie comprend un certain nombre d'employés de chemins de fer, désignés par le Ministre de la guerre, d'après les listes fournies à cet effet par les administrations des six grandes compagnies de chemins de fer et du réseau de l'État.

Art. 2. — Le 5e régiment du génie comprend, sur le pied de paix, outre son effectif soldé, des soldats de l'armée active détachés sur les réseaux, dans les conditions prévues au titre II ci-après, en vue d'y acquérir certaines connaissances professionnelles utilisables pour le service militaire des chemins de fer. Ces hommes doivent rejoindre leur corps au premier appel.

Art. 3. — Les employés de chemins de fer qui, au moment de leur envoi dans la disponibilité ou de leur passage dans la réserve, comptaient au 5e régiment du génie et sont par suite affectés à ce régiment comme réservistes, ne peuvent, avant leur passage dans l'armée territoriale, être classés parmi les employés autorisés, en vertu de l'article 51 de la loi du 15 juillet 1889, sur le recrutement de l'armée, à ne pas rejoindre immédiatement leur corps à la mobilisation.

TITRE II.

HOMMES DE L'ARMÉE ACTIVE DÉTACHÉS SUR LES RÉSEAUX.

Art. 4. — Le 15 octobre de chaque année, le Ministre de la guerre détache sur les réseaux des compagnies de chemins de fer un certain nombre de soldats du 5e régiment du génie pris parmi les appelés de la plus jeune classe ayant encore au moins deux ans de service à faire.

Art. 5. — Ces jeunes soldats devront savoir lire et écrire et posséder une instruction militaire suffisante. Ils seront choisis de préférence parmi les hommes qui, avant leur incorporation, étaient employés dans les administrations de chemins de fer aux

services *actifs* de la voie, de l'exploitation et de la traction, et seront classés, autant que possible, sur le réseau auquel ils appartenaient avant leur incorporation au service militaire. Ils sont pris indistinctement parmi les sapeurs ou les gradés. Ces derniers sont alors tenus de rendre leurs galons et redeviennent soldats de 2e classe, mais ils peuvent, dans leur nouvelle situation et sur la proposition de l'administration qui les emploie, recevoir à nouveau de l'avancement dans les conditions spécifiées aux articles 24, 25 et 26 ci-après.

Art. 6. — Les hommes détachés sur les réseaux continuent à faire partie de l'armée active et à figurer sur les contrôles du 5e régiment du génie. Ils demeurent soumis aux règlements militaires comme s'ils étaient présents au corps, et notamment sont justiciables des conseils de guerre pour tous crimes et délits conformément à l'article 56 du Code de justice militaire. Ils ne peuvent correspondre avec leur colonel que par l'intermédiaire de leurs chefs de service et de l'administration qui les emploie, laquelle apostille, s'il y a lieu, leurs demandes. Ils ne peuvent se marier sans l'autorisation du conseil d'administration du régiment ; cette autorisation n'est d'ailleurs accordée que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles.

En cas de maladie, ils sont admis dans les hôpitaux comme les autres soldats de l'armée active dans les conditions indiquées à l'article 11 ci-après.

Art. 7. — Aux termes des conventions intervenues, le nombre d'hommes à détacher annuellement sur les réseaux par le 5e régiment du génie est de 192 répartis comme il est indiqué ci-après :

Sur le réseau	de l'Ouest	30
—	du Nord	30
—	de l'Est	18
—	de P.-L.-M.. . . .	36
—	d'Orléans.	30
—	du Midi.	18
—	de l'État	30

Ils sont affectés savoir :

Les deux tiers au service de la voie ;

Un sixième au service de l'exploitation ;

Un sixième au service de la traction.

Dans aucun des services, les hommes détachés ne peuvent être employés dans les bureaux comme expéditionnaires, comptables, dessinateurs ou hommes de peine. Aucun d'eux n'est classé à l'administration centrale.

Art. 8. — Ces hommes sont considérés comme détachés de leur régiment pour un laps de temps non limité.

Au moment où ils sont envoyés sur les réseaux, on inscrit sur leur livret individuel la mutation dont ils sont l'objet, et on insère, en outre, dans ce livret un fascicule spécial (modèle A) contenant, outre l'indication des obligations auxquelles ils sont astreints, un ordre de route pour le cas de mobilisation, une feuille pour l'inscription de leurs résidences et emplois successifs, enfin des récépissés de livret.

Ils sont envoyés par détachements dans les localités indiquées par les directeurs des compagnies pour être dirigés, de là, sur les points du réseau où ils seront employés, après inscription sur leur livret (page 3 du fascicule spécial) de l'emploi et de la résidence qui leur sont assignés.

A leur arrivée à destination, ils doivent se présenter à la gendarmerie, qui appose son visa sur le livret (page 3 du fascicule).

Art. 9. — Toutes les fois que le chef de service d'un homme détaché sur les réseaux lui retire son livret individuel, il lui remet en échange un récépissé extrait du fascicule spécial de ce livret et revêtu de sa signature.

Art. 10. — Pendant leur séjour sur les réseaux, les hommes détachés sont à la disposition des administrations de chemin de fer, qui peuvent modifier leur résidence suivant les besoins du service.

Les chefs de service inscrivent sur les livrets individuels (pages 3 et 4 du fascicule spécial) les résidences et emplois successifs.

A chaque changement de résidence, l'homme doit se présenter au départ et à l'arrivée, porteur de son livret individuel, à la gendarmerie, qui appose son visa (psges 3 et 4 du fascicule spécial) dans les deux cases réservées à cet usage.

Art. 11. — Tout sapeur détaché sur les réseaux qu'il y a lieu de faire admettre *d'urgence* à l'hôpital doit être envoyé directement à cet hôpital, par les soins de l'administration qui l'emploie, porteur d'un certificat de maladie, signé par le médecin de la

compagnie, indiquant sa qualité de militaire et spécifiant qu'il doit être reçu sans formalité préalable, en raison de la gravité de son état.

Lorsqu'il n'y a pas urgence, l'homme doit se présenter au bureau du commandant d'armes ou du commandant de la gendarmerie de la ville dans laquelle se trouve l'hôpital, en vue de faire établir les pièces régulières nécessaires pour son admission.

Art. 12. — Les administrations peuvent accorder des permissions ne dépassant pas huit jours ; au delà de cette durée, toute demande de permission doit être présentée par l'intéressé à la gendarmerie locale avec l'avis de son chef de service ; cette demande est transmise au général commandant la subdivision territoriale.

Art. 13. — Lorsque l'homme quitte la compagnie qui l'emploie, soit pour défaut d'aptitude, soit pour manquement à son service, l'administration de la compagnie adresse à la gendarmerie du lieu où il réside un bulletin destiné à obtenir son renvoi au régiment.

Cet homme est immédiatement mis en route par les soins de l'autorité militaire qui informe le 5e régiment du génie. L'administration du chemin de fer fait, en même temps, parvenir au colonel l'avis du renvoi avec le motif à l'appui.

Aucun homme ne peut être renvoyé au corps pour convenance personnelle.

Si un homme quitte son poste sans autorisation, il est signalé au plus tôt par son chef de service à la gendarmerie locale ; à partir du moment où la gendarmerie est informée, cet homme est considéré comme absent illégalement et devient passible des mêmes peines que les militaires quittant leur corps sans autorisation. Quelle que soit la durée de l'absence, l'homme est, à son retour, renvoyé au régiment.

Tout homme qui rentre à son corps est immédiatement remplacé par un homme de la même classe, à moins qu'il n'ait moins d'un an de service à faire, auquel cas il n'est pas remplacé. Le militaire ainsi envoyé en remplacement est l'objet des mêmes mesures que ceux détachés annuellement au 15 octobre.

Art. 14. — Les mutations de réseau à réseau ne peuvent avoir lieu que par permutation dans un même service, sur l'autorisation du colonel. Les demandes des intéressés, revêtues de l'avis des

directeurs des deux compagnies, sont adressées, avec leur livret individuel, à cet officier supérieur, qui avise de la décision prise par les deux administrations de chemins de fer, en renvoyant les livrets rectifiés, et la permutation s'effectue à la diligence de ces administrations, sans autres formalités et écritures que celles prescrites à l'article 10 pour les changements de résidence sur un même réseau.

Art. 15. — Les hommes détachés sur chaque réseau sont visités tous les ans par un capitaine du 5e régiment du génie, qui les voit sur place, de façon à se rendre compte de leur emploi et de l'instruction qu'ils ont acquise en vue des services auxquels ils seront affectés en cas de guerre.

Ces visites ont lieu à des époques variables déterminées chaque année, sur la proposition du colonel, par le général commandant la brigade du génie du gouvernement militaire de Paris, qui désigne les officiers et donne les ordres nécessaires pour leur mise en route.

Les administrations des compagnies de chemin de fer sont avisées.

Les capitaines chargés de ces missions fournissent des rapports qui sont communiqués au Ministre par la voie hiérarchique.

Art. 16. — Chaque année, les hommes détachés appartenant à la classe qui doit passer dans la réserve au mois de novembre sont convoqués à Versailles pour une période d'instruction de vingt-huit jours commençant le premier lundi de mai.

La convocation a lieu sur ordre d'appel individuel émanant de M. le gouverneur militaire de Paris et transmis par la gendarmerie.

En outre, le colonel commandant le 5e régiment du génie enverra chaque année, un mois à l'avance, la liste des hommes convoqués aux compagnies de chemin de fer, qui informeront directement les agents de la date à laquelle ils devront rejoindre leur corps.

Le retour a lieu sur la présentation du livret individuel dûment complété à cet effet (page 1 du fascicule spécial) par le colonel.

Les diverses prescriptions administratives et les mesures d'ordre relatives aux appels des réservistes sont applicables aux convocations des hommes détachés.

Art. 17. — L'ordre général de mobilisation constitue un ordre

de rappel pour les hommes détachés sur les réseaux et non encore rappelés. Dès qu'ils en ont connaissance, ils sont tenus de se rendre au régiment sans délai et par les moyens les plus rapides. Ils font, au préalable, viser et dater par leur chef de service l'ordre de route qui figure à la page 1 du fascicule spécial de leur livret, ou, s'ils ne sont pas en possession de ce livret, l'avis de rejoindre figurant au bas du récépissé qu'ils doivent avoir entre les mains.

Art. 18. — A l'époque de leur envoi dans la disponibilité ou la réserve de l'armée active, les hommes détachés sur les réseaux reçoivent du colonel du 5e régiment un certificat modèle B constatant leur nouvelle position. Munis de ce certificat, ils se présentent au sous-intendant militaire, qui leur délivre une feuille de route pour rejoindre la résidence où ils ont déclaré se retirer.

Art. 19. — A leur passage dans la réserve, les hommes détachés sur les réseaux rentrent dans la loi commune au point de vue de leurs obligations envers l'autorité militaire. Ainsi qu'il est spécifié à l'article 3, ceux des réservistes qui continuent à être employés sur les réseaux ne peuvent, avant leur passage dans l'armée territoriale, être classés parmi les employés de chemin de fer autorisés à ne pas rejoindre immédiatement leur corps à la mobilisation.

TITRE III.

OFFICIERS DE RÉSERVE ET GRADÉS FOURNIS PAR LES ADMINISTRATIONS DE CHEMINS DE FER.

Art. 20. — Les officiers de réserve des compagnies de sapeurs de chemins de fer se recrutent en principe parmi les agents des administrations de chemins de fer. Toutefois, un certain nombre de ces emplois peuvent être attribués à d'anciens sous-officiers du 5e régiment du génie et à des ingénieurs des ponts et chaussées ayant fait un stage d'une année à ce régiment.

Mais la proportion des emplois d'officier de réserve attribuée aux agents provenant des services de l'exploitation et de la traction devra être maintenue autant que possible. En cas d'insuffisance dans le nombre des agents de chemins de fer proposés pour le grade d'officier de réserve, les ingénieurs des ponts et chaussées et les anciens sous-officiers qu'il y aurait lieu de nommer pour

combler les vacances, le seront de préférence en remplacement d'agents du service de la voie.

Art. 21. — Les officiers de réserve provenant des administrations de chemins de fer sont choisis par tiers parmi les agents actifs de la voie, de l'exploitation et de la traction, compris par leur âge dans l'armée active, l'armée territoriale ou leurs réserves.

Les propositions présentées en leur faveur devront donner sur leurs emplois antérieurs et la situation qu'ils occupent à la compagnie des renseignements suffisamment précis et détaillés pour qu'il soit possible d'apprécier leur valeur et de se rendre compte des services qu'ils peuvent rendre.

Le tableau ci-après indique le nombre maximum d'officiers de réserve qui pourront être demandés à chacune des administrations de chemins de fer :

Ouest	12
Nord	12
Est	9
P.-L.-M.	18
Orléans	12
Midi	9
État	6

Art. 22. — Lorsqu'il y a lieu de pourvoir à un emploi d'officier de réserve de cette catégorie, le Ministre de la guerre en informe l'administration de chemins de fer intéressée. Cette administration adresse alors au colonel du 5e régiment du génie un mémoire de proposition (modèle C) accompagné de l'acte de naissance du candidat, d'un extrait du casier judiciaire et d'un relevé de ses services.

Les agents appartenant comme réservistes au 5e régiment du génie ne peuvent être proposés pour officiers de réserve qu'autant qu'ils ont fait le stage légal dans le grade de sous-officier.

Le colonel, après s'être assuré que le candidat remplit les conditions requises, transmet la proposition au Ministre par la voie hiérarchique.

Art. 23. — Les officiers de réserve nommés dans ces conditions sont assujettis, tous les deux ans, à une période d'instruction de vingt-huit jours. L'ordre de convocation est transmis, pour avis,

au directeur de leur administration, par le colonel du 5e régiment, quinze jours avant le moment fixé pour leur arrivée à ce régiment.

L'époque de la convocation coïncide soit avec celle de l'appel des réservistes, soit avec celle de l'appel des hommes détachés sur les réseaux.

Art. 24. — Les cadres des sous-officiers et caporaux des compagnies de sapeurs de chemins de fer peuvent, suivant les besoins, être complétés à l'effectif de guerre par un certain nombre de gradés choisis dans les administrations de chemins de fer parmi les sapeurs détachés sur les réseaux ou les réservistes en provenant et compris dans les catégories suivantes :

Sous-officiers.	Sous-chefs mécaniciens ; Sous-chefs de gare et télégraphistes ; Sous-chefs charpentiers ; Sous-chefs poseurs.
Caporaux . .	Mécaniciens ; Employés de gare et télégraphistes.

Les sapeurs proposés pour l'emploi de sous-officier sont d'abord promus caporaux. Ils ne peuvent être nommés sous-officiers que lorsqu'ils ont fait le stage légal dans le grade de caporal, et lors d'un nouvel appel.

Art. 25. — Pour la nomination des gradés de cette catégorie, il est procédé comme il suit :

Un mois avant les périodes d'appel, le colonel demande au directeur de chacune des compagnies de lui adresser des états de proposition (état modèle D) en faveur de ceux des hommes convoqués qui paraissent posséder les aptitudes techniques voulues pour avoir de l'avancement. Il leur indique le nombre maximum des propositions à établir, d'après le nombre des vacances existant ou à prévoir dans les cadres de guerre des compagnies.

Les anciens gradés qui ont rendu volontairement leurs galons pour être détachés sur les réseaux sont compris d'office sur les états de proposition établis par les directeurs des compagnies, mais ils seront, s'il y a lieu, notés par eux comme n'ayant pas les qualités techniques voulues.

Les candidats sont réunis à leur arrivée au corps en un peloton d'instruction et spécialement préparés aux fonctions du grade pour lequel ils sont proposés. A la fin de la période, ils sont exa-

minés et portés, s'il y a lieu, sur un tableau d'avancement spécial soumis à l'approbation du général commandant la brigade du génie du gouvernement militaire de Paris.

Les directeurs des compagnies sont informés de la suite donnée aux propositions.

Les nominations ont lieu, au fur et à mesure des besoins, d'après le tableau d'avancement ainsi établi. Elles sont notifiées aux intéressés par l'intermédiaire des administrations au moyen d'un bulletin (modèle E), portant récépissé à retourner au corps.

Art. 26. — Les nominations aux grades de sous-officier et de caporal sont faites par le colonel ; les grades ainsi conférés sont définitivement acquis, lors même que les titulaires viendraient à quitter les compagnies, et ne peuvent plus être perdus que par cassation ou remise volontaire des galons dans les formes habituelles.

TITRE IV.

DÉTACHEMENT SUR LES RÉSEAUX DE FRACTIONS CONSTITUÉES DU 5e RÉGIMENT DU GÉNIE.

Art. 27. — Dans le but d'initier un certain nombre d'officiers, de gradés et d'hommes de troupe aux détails du service de l'exploitation et de la traction, le 5e régiment du génie exploite d'une façon continue, pour le compte de l'administration des chemins de fer de l'État, la ligne de Chartres à Orléans.

Les conditions de cette exploitation sont fixées par des conventions spéciales.

Art. 28. — Chaque année, après entente avec les administrations de chemins de fer intéressées, un certain nombre de compagnies du 5e régiment du génie peuvent être détachées pendant deux ou trois mois sur les réseaux, en vue d'y exécuter, à titre d'exercice, pour le compte de ces administrations de chemins de fer, et dans les conditions fixées de concert avec elles, des travaux de pose et de réfection de voie.

Art. 29. — De plus, le 5e régiment pourra envoyer, sur la demande des administrations de chemins de fer, sur les réseaux des détachements chargés de lancer ou de construire des ponts métalliques ou en charpente, de réparer des voies détruites, de rétablir la circulation interrompue par suite d'accidents (déraille-

ments, inondations, etc.), de remettre en état des alimentations, de faire, en un mot, tous les travaux ayant pour but le rétablissement de l'exploitation sur une ligne mise momentanément hors d'usage.

La procédure à suivre pour la demande d'un détachement et les conditions dans lesquelles sont assurés les transports de la troupe et l'exécution des travaux feront l'objet d'une convention spéciale passée avec les administrations de chemins de fer.

TITRE V.

CONTRÔLES ET ÉTATS A FOURNIR.

Art. 30. — Un mois au moins avant le départ des hommes détachés annuellement sur les réseaux, le colonel du 5e régiment du génie adresse aux administrateurs de chemins de fer un contrôle nominatif (modèle F) des sapeurs qui seront mis à leur disposition, afin de permettre au directeur de désigner l'endroit sur lequel ceux-ci doivent être dirigés.

Un état semblable est envoyé pour les remplacements d'isolés.

Art. 31. — Au commencement de chaque année, le 31 janvier au plus tard, les administrations de chemins de fer adressent au colonel un contrôle nominatif (modèle F), par classe et par emploi, des hommes détachés sur les réseaux et des réservistes affectés au 5e régiment du génie.

Avant l'expiration du 1er mois de chaque trimestre, elles adressent au colonel un état de mutation (modèle G) de tous les changements survenus dans le trimestre précédent.

Art. 32. — Indépendamment des états trimestriels, les directeurs des compagnies préviennent immédiatement le colonel par un bulletin (modèle G) de toutes les mutations survenant entre l'envoi du contrôle annuel et la convocation du mois de mai, dans la position des hommes qui doivent être appelés. L'envoi de cet état a pour objet d'éviter les erreurs dans la transmission des ordres d'appel.

Art. 33. — Le colonel et les directeurs des six grandes compagnies et du réseau de l'État correspondent en franchise pour toutes les questions relatives à l'administration des hommes détachés et pour l'envoi des livrets et autres pièces d'archives.

Art. 34. — Le présent règlement, dont les dispositions ont été

concertées avec les administrations des six grandes compagnies et du réseau de l'État, annule et remplace celui du 11 juillet 1886, sur l'organisation des troupes du génie affectées au service des chemins de fer.

Modèles.

1er décembre. — *Nouvelles prescriptions relatives à l'imputation budgétaire des indemnités dues aux officiers et adjoints du génie pour les déplacements que leur imposent les travaux de bâtiments militaires.* (D. Gén. ; Matériel du Génie, 4e Section.) [*B. O.*, p. r., p. 61.]

Le Président du conseil, Ministre de la guerre, a pris, à la date du 1er décembre 1891, la décision suivante :

A partir du 1er janvier 1892, et par modification aux prescriptions du n° 8 de la circulaire du 9 mars 1891 (*Bulletin officiel*, partie réglementaire, 1er semestre 1891, n° 15, pages 316 à 321), on n'imputera plus sur les crédits de l'article (dépenses accessoires) du chapitre de la 1re section du budget affecté au matériel du génie, que les tournées du personnel du génie nécessitées par des travaux *ordinaires*, de quelque nature qu'ils soient, tandis que toutes les tournées du même personnel nécessitées par des travaux *extraordinaires* (aussi bien de bâtiments militaires que de fortification ou de réception de matériel) seront soldées au titre de celui des chapitres de la 2e section (dépenses extraordinaires) du budget, sur lequel sont dotés lesdits travaux, et le montant des frais de l'espèce prélevé sur les allocations de fonds correspondanest faites aux places.

PROMOTIONS, MUTATIONS, RADIATIONS ET NOMINATIONS

Du 20 octobre au 20 décembre 1891.

ARMÉE ACTIVE.

OFFICIERS.

LIEUTENANTS-COLONELS. — I. Promu *Colonel:* M. *Castay,* directeur à Toulouse (1er novembre).

II. M. *Delanne,* hors cadres, au 3e bureau de l'état-major de l'armée, nommé chef dudit bureau (10 novembre).

CHEFS DE BATAILLON. — I. Promus *Lieutenants-colonels:* MM. *de Montarby,* chef d'état-major du gouvernement de la place de Langres. — *Larrivet,* chef du génie à Toulouse (1er novembre).

II. MM. *Ducray,* à l'état-major du command. supér. de la défense de la place de Paris, désigné pour Paris (R. D.). — *Pellissier,* récemment désigné pour le 3e rég., désigné pour Grenoble provisoirement (25 novembre).

III. Retraité : M. *Hennequin* (27 octobre).

CAPITAINES EN 1er. — I. Promus *Chefs de bataillon :* MM. *Viney,* chef du génie à Saint-Étienne. — *Létard,* à Limoges. — *Guillot,* chef du génie à Arras (1er novembre).

II. MM. *Mourral,* professeur adj. de fortif. à l'Éc. d'applic., désigné pour être employé à Lyon. — *Faraud,* à Bourg, désigné pour être employé à Versailles (25 novembre). — *Corps,* à Versailles, mis à la disposition de l'administration des colonies pour la mission du Haut-Sénégal (20 novembre). — *Maurial* (F. L. E.), à Brest, nommé prof. adj. de fortif. à l'Éc. d'applic. de Fontainebleau (1er décembre).

III. Décédés : MM. *Pérusseau* (26 octobre). — *Loustalot-Laclette* (6 novembre).

Mis en non-activité pour infirmités temporaires : M. *Labresson* (16 décembre).

CAPITAINES EN 2e. — I. Promus *Capitaines en 1er* : MM. *Ballet,* offic. d'ord. de M. le gén. gouv. de Dijon. — *Bonnefon,* breveté, à l'état-maj. du 12e corps d'armée. — *Cauboue,* offic. d'ordonn. de M. le gén. Fleury. — *Reige,* au 4e rég., à Grenoble. — *Mayer,* breveté, inspect. des études à l'Éc. polyt. (3 novembre).

II. M. *Pailla,* à Givet, désigné pour être employé à Maubeuge (25 novembre).

LIEUTENANTS EN 1er. — I. Promus *Capitaines en 2e* : MM. *Mesnier*, du 5e rég., maint. provis. à son rég. — *Imbert*, du 4e rég., maint. prov. à son rég. — *Rabusseau*, du 4e rég., désigné pour être employé à Laval. — *Aubertin*, du 3e rég., à Épinal, désigné pour cette place. — *Delahet*, du 4e rég., désigné pour Albertville. — *Ribard*, du 4e rég., désigné pour Gap. — *Cartier*, du 3e rég., au camp de Châlons, désigné pour Lorient. — *Dianoux*, du 4e rég., à Briançon, désigné pour Lyon. — *Hattner*, du 1er rég., désigné pour Toulon. — *Gros-Long*, du 2e rég., désigné pour Antibes. — *Prangé*, du 1er rég., à Fontainebleau, désigné pour Brest (1er novembre).

II. M. *Calmel*, du 5e rég., mis à la dispos. de l'admin. des colonies pour la mission du Haut-Sénégal (16 novembre).

III. Décédé : M. *Pélabon* (31 octobre).

LIEUTENANTS EN 2e. — I. Promus *Lieutenants en 1er* : MM. *Rousseau*, du 5e rég. — *Lévy* (I. G.), du 5e rég. — *Godefroy* (A. M. R.), du 4e rég. — *Scherdlin*, du 3e rég. — *Godefroy* (A. M. P.), du 3e rég. — *Gauthier* (J. B.), du 2e rég. — *Guiot*, du 3e rég. — *Simon* (L. E. Alf.), du 4e rég. — *Charriou*, du 2e rég. — *Cholley*, du 4e rég. — *Maratier*, du 4e rég. — *Devenne*, du 4e rég. — *Chambeau*, du 4e rég. — *Cronier*, du 2e rég. — *Rahoult*, du 2e rég. (3 novembre).

II. M. *Rat*, du 3e rég., à Arras, désigné pour le 4e rég., à Grenoble (7 novembre).

RÉSERVE.

CAPITAINES. — I. MM. *Arnaud*, *Combernoux*, *Le Rond*, *Casmi*, *Dreyfus* (S.), *Jourde*, *Imbeaux*, *Corbeaux*, *Deslandres*, *Lemoine*, *Bienvaux*, *Antin*, *Guillot*, *Delâge*, *Dumur*, *Sigault*, *Michel*, *Breuillé*, *Equer*, *Lefebvre*, *Rebuffel*, *Meunier* et *Massenet*, passés dans l'armée territoriale (26 octobre).

LIEUTENANTS. — I. Promus *Capitaines* : MM. *Perrier*, *Bret*, *Saint-Romas*, *Thérel*, *Ficatier* (11 décembre).

SOUS-LIEUTENANTS. — I. Promus *Lieutenants* : MM. *Collot*, *Martin*, *Michaux*, *Théry*, *Prince*, *Regnoul* (11 décembre).

III. MM. *Boireau*, *Prost*, *Santerre*, *Gœtz*, *Bianchi*, *Gaudin*, *Bessèche*, passés dans l'armée territoriale (4 novembre).

Décédé : M. *Battistini* (24 juillet).

Révoqué : M. *Cerceau* (15 décembre).

ADJOINTS.

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 1re CLASSE. — III. Retraité : M. *Joly* (J. L.), [22 octobre].

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 2e CLASSE. — I. Promus *Adjoints principaux de 1re classe :* MM. *Aubery*, à Annecy. — *Armand*, à Marseille (dir.). — *Domin* (L. S.), à Auxonne (31 octobre).

III. Décédé : M. *Long* (14 novembre).

ADJOINTS DE 1re CLASSE. — I. Promus *Adjoints principaux de 2e classe :* MM. *Macron*, à Bône. — *Cocu*, à Maubeuge. — *Paulian*, à Nice (dir.). — *Mangin* (F. H.), à Neufchâteau. — *Lepage*, à Mascara. — *Laurain*, au ministère de la guerre (matériel du génie) [31 octobre].

II. MM. *Rouen*, à Paris (R. G.), désigné pour Saint-Malo (7 novembre). — *Humbert* (J. J.), à Alger (dir.), désigné pour être employé à Paris (R. G.).

III. Mis en non-activité pour infirmités temporaires : M. *Verniette* (1er décembre).

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — I. Promus *Adjoints de 1re classe :* MM. *Montès*, au Mans. — *Lebecq*, à Dunkerque (dir.). — *Delmont*, à Brest. — *Malo*, à Grenoble. — *Pothier* (F. D.), à l'établissement central d'aérostation militaire à Chalais (31 octobre).

ADJOINTS DE 3e CLASSE.—I. Promus *Adjoints de 2e classe :* MM. *Breton*, à Nantes. — *Tassaux*, à Lille. — *Reverdy*, à Castres. — *Greiner*, à Calais (31 octobre).

II. M. *Guiraud*, à l'Ile d'Aix, désigné pour Rochefort (9 novembre).

STAGIAIRES. — Promus *Adjoints de 3e classe :* MM. *Barreau*, à Briançon. — *Collat*, à Saïda. — *Arnould* (F. G.), à Tunis (31 octobre).

ARMÉE TERRITORIALE.

OFFICIERS.

COLONELS. — III. Rayé des cadres : M. *Girard* (21 novembre).

LIEUTENANTS-COLONELS. — III. Décédé : M. *Pesson* (21 février).

CHEFS DE BATAILLON. — III. Rayés des cadres : MM. *Roussel, Berthet, Violette de Noircarme, Cottreau* et *Meugy* (21 novembre).

LIEUTENANTS. — III. Rayé des cadres : M. *Hue* (21 novembre). Démissionnaire : M. *Lefebvre* (15 décembre).

ADJOINTS.

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 1re CLASSE. — III. Rayés des cadres : MM. *Oursin, Humbert, Blanc, Bertrand* (21 novembre).

ADJOINTS PRINCIPAUX DE 2e CLASSE. — III. Rayés des cadres : MM. *Clément, Jubert, Lallement, Paris, Léonard* (21 novembre).

ADJOINTS DE 1re CLASSE. — III. Rayés des cadres : MM. *Giraud, Chapeaux, Gaudriot, Rottée* (21 novembre).

ADJOINTS DE 2e CLASSE. — III. Décédé : M. *Dupasquier* (2 juillet).

Démissionnaires : MM. *Leverve* et *Ruellan* (7 novembre). — *Mende* (21 novembre).

Rayés des cadres : MM. *Degonville, Buard, Bouet, Enquebecq* (21 novembre).

ADJOINTS DE 3e CLASSE. — III. Rayés des cadres : MM. *Gérard, Castel, Moly* (21 novembre).

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

23 décembre (1890). — Décision ministérielle suspendant le fonctionnement de la masse de casernement en temps de guerre 5

22 janvier (1891). — Note ministérielle prescrivant la suppression de l'allocation d'une deuxième monture détenue par les capitaines de compagnie des régiments d'artillerie-pontonniers, des escadrons du train des équipages militaires et des sapeurs-conducteurs des régiments du génie. 6

12 février. — Rapport du Ministre de la guerre au Président de la République 6

9 mars. — Circulaire contenant de nouvelles dispositions pour la fixation des indemnités dues aux officiers et adjoints du génie pour les déplacements que leur imposent les besoins du service 17

13 mars. — Note ministérielle portant modification aux instructions pour l'admission aux écoles militaires de l'infanterie, de la cavalerie, de l'artillerie et du génie . . . 22

14 mars. — Circulaire ministérielle contenant des modifications à l'instruction du 4 mars 1890, sur les manœuvres d'automne 23

13 mars. — Note ministérielle relative aux dispositions à prendre pour assurer l'entretien du matériel optique existant dans les ouvrages de défense 24

30 mars. — Instruction complémentaire pour l'inspection générale du génie 26

11 avril. — Décret qui autorise le Ministre de la guerre à accepter un don de 15 000 fr fait au 3e régiment du génie par feu le général Le Baron 33

6 mai. — Note ministérielle relative à la tenue d'un carnet-journal des recettes et des dépenses de la masse de casernement 33

Pages.

9 mai. — Décision ministérielle portant modification au règlement du 20 juin 1888, sur l'entretien des casernements par les corps occupants 33

17 mai. — Note ministérielle rendant réglementaire le port du sabre à la selle pour tous les officiers du génie . . . 34

22 mai. — Décision portant adoption et description d'une vareuse pour les officiers de toutes armes (cavalerie exceptée), les assimilés et les employés militaires de tous les services, ainsi que pour les adjudants. 34

26 juin. — Décision ministérielle relative à la chaussure des élèves de l'École militaire de l'artillerie et du génie appartenant à la section du génie. 36

30 juin. — Note ministérielle complétant les notes ministérielles du 8 mars 1889 et du 14 avril 1891, relatives aux catégories du personnel auquel des cours d'équitation seront faits 36

2 juillet. — Décret prononçant le déclassement définitif de la place d'Arras. 37

21 juillet. — Décision ministérielle rattachant le commandement territorial de Seine-et-Oise au commandement de la brigade du génie du gouvernement de Paris 37

15 août. — Note ministérielle complémentaire de celle du 24 mars 1891, portant autorisation de faire transformer en vestes les tuniques du génie qui ne peuvent être maintenues à la collection d'extérieur 37

4 octobre. — Rapport au Président de la République et décret portant règlement sur le service dans les places de guerre et les villes ouvertes. 45

13 octobre. — Note ministérielle relative à l'imputation des dépenses résultant des travaux d'appropriation du casernement nécessaires pour l'installation des mess de sous-officiers 49

20 octobre. — Décision ministérielle relative à la suppression du concours qui a lieu, chaque année, à l'École normale de gymnastique, pour la répartition des vacances de maîtres d'escrime dans les régiments de la cavalerie, de l'artillerie et du génie, et fixant à seize, pour l'année 1892, le nombre des candidats qui pourront obtenir le brevet de maître d'escrime 50

Pages.

27 octobre. — Circulaire relative à la diminution du nombre des hommes distraits du service régimentaire . . . 50

30 octobre. — Note ministérielle relative à l'application au service de la télégraphie militaire des règlements militaires sur l'administration et la comptabilité 53

28 novembre. — Règlement sur la participation des administrations de chemins de fer au recrutement, à l'instruction technique et à la constitution des effectifs de guerre du 5e régiment du génie, dit régiment de sapeurs de chemins de fer 53

1er décembre. — Nouvelles prescriptions relatives à l'imputation budgétaire des indemnités dues aux officiers et adjoints du génie pour les déplacements que leur imposent les travaux de bâtiments militaires 64

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie.

Stanford University Libraries
3 6105 015 298 875

UG1
R41
v.5
1891

Stanford University Libraries
Stanford, California

Return this book on or before date due.